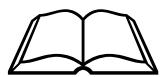


تحديد تراكيز اليورانيوم المنصب في بقايا (مخلفات) معدات
عسكرية في مواقع معينة من جنوب العراق باستخدام
HPGe و CR-39

رساله تقدم بها
عامر حسن علي الجبوري

الى
مجلس كلية العلوم / جامعة الموصل
وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير في الفيزياء

بasherاف
الدكتور منيب عادل خليل إبراهيم
أستاذ مساعد



القرآن الكريم

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

((وَمِنَ النَّاسِ مَن يُعْجِبُكَ قَوْلُهُ فِي الْحَيَاةِ الدُّنْيَا وَيُشَهِدُ اللَّهَ عَلَى مَا فِي قَلْبِهِ وَهُوَ أَكْبَرُ الْخِصَامِ (*) وَإِذَا تَوَكَّلَ سَعَى فِي الْأَرْضِ لِيُفْسِدَ فِيهَا وَيُهَلِكَ الْحَرْثَ وَالنَّسْلَ وَاللَّهُ لَا يُحِبُّ الْفَسَادَ))

صدق الله العظيم

(الآية 204-205)

سورة البقرة

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين ، والصلوة والسلام على سيد المرسلين
وشفيع المؤمنين محمد بن عبد الله (صلى الله عليه وسلم) وعلى الله
وصحبه ومعلميه وآله وآل بيته يوم الدين ... وبعد

يسريني ان اتقدم بالشكر الجليل الى عمادة كلية العلوم -
الموصل لما وفرته من امكانات ساعدت في انجاز هذه الرسالة ..
كما يسرني ان اتقدم بواهر الشكر والتقدير الى (الاستاذ المساعد
الدكتور منيب عادل خليل) المشرف على هذه الرسالة اذ اولاها عنابة خاصة
وتوجيهات علمية قيمة فجزاه الله عنى خير الجزاء ...

وأتقدم بالشكر الجليل الى اساتذة قسم الفيزياء و
الدكتور سعيد حسن سعيد (كلية التربية / قسم الفيزياء) لما قدموه لي من توجيهات
ومراجع كثيرة الاكثر الافضل في اثاره جوانب عديدة من هذه الرسالة .
وأقدم شكري لزملائي من طلبة الدراسات العليا والسيد سليمان
هذا الرسالة .

ومن الوفاء ان اتقدم بالشكر الجليل الى العاملين في مكتبة قسم
الفيزياء والمكتبة المركزية في جامعة الموصل .

الباحث
عامر حسن

المأمور

تم في هذا البحث دراسة (25) عينة موزعة على خمسة مناطق من جنوب العراق قريبة من المنطقة متزوعة السلاح بين العراق والكويت وصولاً إلى السعودية، والمناطق التي تم دراستها شملت (حقل الرميله الشمالي ومنطقة مفرق طريق صفوان ام قصر وكديره العظمى ومطار الشامية والمنطقة بين كديره العظمى ومحطة خورناج ومنطقة محطة خورناج)، ان هدف الدراسة الحالية كان تحديد تراكيز اليورانيوم المنصب في تلك العينات التي تمتلت في مزيج من بقايا الدبابات والمعدات العسكرية واجزاء من قذائف اليورانيوم المنصب والأتربة المترادفة عليها والقربيه . وقد استخدمت تقنيتي كاشف الاتر النووي CR-39 وكاشف الجرمانيوم عالي التقاوه HPGe. لقد اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها زيادة في تراكيز اليورانيوم المنصب تراوحت بين ppm (20 - 8.36) عن الحد الطبيعي البالغ ppm (0.2 - 1.2). وهذه الزيادة يمكن ان تعزى إلى استخدام قذائف حاوية على اليورانيوم المنصب (قذائف إختراقية) كما اظهرت القياسات ايضاً ان نتائج التقنيتين كانت متقاربة مما يشير إلى إمكانية استخدام هاتين التقنيتين في الكشف عن التراكيز الضئيلة للعناصر المشعة .

المحتويات

الصفحة	الموضوع	الترتيب
1	الفصل الاول : التلوث باليورانيوم المنصب	
1	المقدمة	1 . 1
2	التلوث باشعاع دخيرة اليورانيوم المنصب وسمومها	2 . 1
10	اليورانيوم	3 . 1
10	خواص اليورانيوم الطبيعي	1 . 3 . 1
11	اليورانيوم المنصب	2 . 3 . 1
12	التعرض لليورانيوم واليورانيوم المنصب	3 . 3 . 1
13	منفذ (مدخل) اليورانيوم المنصب	4 . 3 . 1
13	امتصاص اليورانيوم المنصب	5 . 3 . 1
14	غاز الرادون	4 . 1
15	الكشف عن غاز الرادون	1 . 4 . 1
15	المخاطر الصحية للرادون ووليداته	2 . 4 . 1
17	فوائد غاز الرادون واستخداماته	3 . 4 . 1
18	طرق حساب تراكيز الرادون	4 . 4 . 1
19	الهدف من البحث	5 . 4 . 1
20	الفصل الثاني : الدراسات السابقة وكواشف الاثر النووي	
20	استعراض الدراسات السابقة لاستخدام كاشف CR - 39	1 . 2
24	استعراض الدراسات السابقة لطريقة تحليل طيف اشعة كاما	2 . 2
28	كواشف الاثر النووي الصلبة	3 . 2
30	انواع كواشف الاثر النووي الصلبة	1 . 3 . 2
32	كاشف CR-39	

33	كيفية تكون الاتر	2 . 3 . 2
36	الفصل الثالث : كواشف أشعة كاما	
36	تفاعل اشعة كاما مع المادة	1 . 3
36	كواشف اشعة كاما	2 . 3
37	كواشف اشباه الموصلات	3 . 3
38	القدرة التحليلية لکواشف اشباه الموصلات	4 . 3
39	کواشف الجermanium عالية النقاوة	5. 3
41	محاسن ومساوي کواشف اشباه الموصلات	6 . 3
42	الفصل الرابع : الجزء العملي والحسابات	
42	عملية جمع وتحضير العينات	1 . 4
48	التحليل والقياس بتقنية کاشف CR-39	2 . 4
50	الحسابات	1 . 2 . 4
53	القياسات بتقنية تحليل طيف اشعة كاما واستخدام کاشف الجermanium عالي النقاوة	3 . 4
55	معايير الطاقة	1 . 3 . 4
55	حساب المساحة الحقيقية تحت الذروة	2 . 3 . 4
56	تحديد تراكيز اليورانيوم المنصب في العينات	3 . 3 . 4
57	الفصل الخامس : النتائج والمناقشة	
71	الاستنتاجات	
71	المقترحات	
72	المصادر	

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	الترتيب
10	خواص نظائر اليورانيوم الطبيعي	1-1
11	نواتج عمليات التخصيب	2-1
12	خواص نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنصب	3-1
58	رموز العينات وتوزيعها على المناطق المدروسة وكتافة الاتار وتركيز الرادون في الحيز الهوائي وداخل العينات	1-5
60	الفاعلية الاشعاعية لغاز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال وعدد درات اليورانيوم وزنه وتركيزه في العينات	2- 5
62	المساحة تحت الدرات لليورانيوم ^{238}U والتوريوم ^{232}Th وتركيز اليورانيوم في العينات ونسبة اليورانيوم إلى التوريوم	3-5
63	مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها لكلا التقنيتين	4-5

فأئمه الاتسقال

الصفحة	عنوان التسلسل	التسلسل
34	وخرة الانفجار الايوني في تكوين الاثار في المواد الصلبة غير العضوية	1-2
35	تأثير الاشعاع على السىسل البوليميرية	2-2
49	انبوبة الاختبار المستخدمة في الدراسة	1- 4
53	منظومة تحليل طيف اشعة كاما	2- 4
65	طيف اشعة كاما العائد للخلفية الاشعاعية داخل المختبر	1- 5
66	طيف اشعة كاما الباتج عن العينة القياسية	2-5
67	طيف اشعة كاما العائد للعينة W	3-5
68	طيف اشعة كاما العائد للعينة Q	4-5
69	طيف اشعة كاما العائد للعينة S	5-5
70	طيف اشعة كاما للعينة W مع طيف اشعة كاما للخلفية الاشعاعية	6-5

الفصل الأول
التلوث باليورانيوم
المنصب

الفصل الأول

التلوث باليورانيوم المنصب

Introduction

1.1 المقدمة

استخدمت الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا، وجربنا لأول مرة في حرب الخليج الثانية سنة 1991 أسلحة واعنة حرية حرية محرمة دولياً يوصفها من أسلحة الدمار الشامل لاحتوائها على مادة اليورانيوم المنصب أو المستنفد (Depleted Uranium) المشعة والسماء كيميائياً، لقد فتك هذه الأسلحة بالآلاف من العسكريين والمدنيين وأحدثت كارثة إنسانية وبائية تكشفت آثارها منذ الأشهر الأولى بعد الحرب وما يزال يكتشف المزيد منها وإن لم تتحدد بعد أبعاد تأثيرها بالكامل.

إن الوفرة النظائرية للبيورانيوم الطبيعي هي كالاتي U^{238} 99.28% ، U^{235} 0.72% ، U^{234} 0.006%. علماً أن النظير U^{234} يهمل لقلة تركيزه وإن الفرق الرئيس بين البيورانيوم الطبيعي والمنصب هو فرق الوفرة النظائرية، ففي البيورانيوم المنصب تتغير النسب كالاتي U^{238} 99.8 % ، U^{235} 0.2 % ، U^{234} 0.001% (لذلك فإن التحديد أو الكشف عن هذه النسب يشير إلى أن القاذف المستخدمة تحتوي على البيورانيوم المنصب D (who, 2001).

وعلى الرغم من مضي عشر سنوات على تلك الحرب فإن موضوع البيورانيوم المنصب لم يحظ بالاهتمام المطلوب، فلم يتم حتى الان كشف النقاب كلياً عن النتائج المباشرة وغير المباشرة لاستخدام ذخيرة البيورانيوم وبعده التلوث الناجم عنها. وتمة من يزعم من المسؤولين في المنطقة بأن بلادهم خالية من التلوث تماماً ويواصلون تكتمهم على حقيقة ما حصل على العكس مما تتطلبه مصالح شعوبهم والمستقبل الصحي لاجيالهم، ولم تتجز حتى يومنا هذا دراسة شاملة لنتائج الكارثة على نحو جدي ومتكملاً ولم تتخذ الإجراءات اللازمة للحد منها الامر الذي يعزز الانطباع بأن تمة تجاهلاً وإهمالاً متعمدين حيال ما يتعرض له المواطنون على الرغم من هول ما حدث وعلى الرغم من تحذيرات العديد من العلماء والمختصين المدعومة بنتائج اولية لدراسات ميدانية علمية هامة تؤكد عدم افتقار الضرر على صحة وحياة الجيل الحالي، وإنما ستنقل آثارها المباشرة وغير المباشرة إلى الاجيال القادمة.

لقد أكد العديد من العلماء والخبراء المعنيين بأن هذا النوع من البيورانيوم هو من التفافيات النووية الناتجة عن عملية تخصيب البيورانيوم، وهو مشع وسام كيميائياً إذ يولد عند انفجار ذخيرته التي تتميز باختراقية كبيرة، منتوجاً بالغ السمية وينتقل على شكل غيمه إشعاعية إلى عشرات الكيلومترات. وتفيد التقارير العلمية والعسكرية أن معضلة استخدام ذخيرة البيورانيوم

المنصب تكمن في استمرار آثارها لملايين السنين حيث تشكل آثار التلوث الناجمة عن اختلاط اليورانيوم بالتربة كارثة بيئية بعضها أني والبعض الآخر يظهر في المستقبل. فباستثناء الاتر الموضعي السمي والإشعاعي لليورانيوم المنصب الذي يحصل عند انفجار ذخирته، فإن جزيئاته تنتشر عن طريق الرياح والمياه الجوفية لتغطي مساحات شاسعة تتجاوز الرقعة الجغرافية لارض المعركة.

2.1 التلوث بإشعاع ذخيرة اليورانيوم المنصب وسمومها

بعد تمانية اعوام من بداية حرب الخليج الثانية اضطررت وزارة الدفاع الامريكية إلى الكشف عن خارطة مفصلة للمناطق التي تعرضت للهجوم بالقاذف المضادة للدروع والمطعمة باليورانيوم المنصب التي اطلقتها الدبابات والطائرات الامريكية، وتشمل منطقة انتشار اليورانيوم المنصب في هذه الخارطة التي نشرتها جريدة (Christian Science Monitor) حدود كل من العراق لنصل الكويت والسعودية (Fahey, 2000). إذ تمتد من مناطق جنوب البصرة باتجاه حقول الرميلة النفطية وصولاً إلى حدود السعودية تم تمتد غرباً من موقع خرنج الذي يقع إلى الشمال بعيداً عن منطقة حفر الباطن السعودية. ولا تشمل الخريطة جنوب الناصرية وغرب البصرة وغرب الكويت على الرغم من استخدام قوات الحلفاء لقاذف اليورانيوم المنصب فيها، وقد انقد خبراء المركز القومي لموارد حرب الخليج (وهو مركز يضم مجموعات من المحاربين القدامى في واشنطن) واضعي الخارطة لأنهم لم يتضمنوا فيها موقع فرق مدرعة امريكية أخرى وموقع إطلاق قاذف اليورانيوم من قبل القوات البريطانية. وكان المركز قد اعلن في عام 1998 ان نحو 400 الف محارب تعرضوا لإشعاعات اليورانيوم واعترف الناطق باسم مكتب اعراض حرب الخليج في البنتاجون الامريكي، بأن الخارطة التي صدرت اساساً لعرضها امام لجنة حكومية خاصة ليست كاملة وانها لا تقدم لوحدة مفصلة عن موقع انتشار اليورانيوم المنصب (Al-Azzawi *et al.*, 1999).

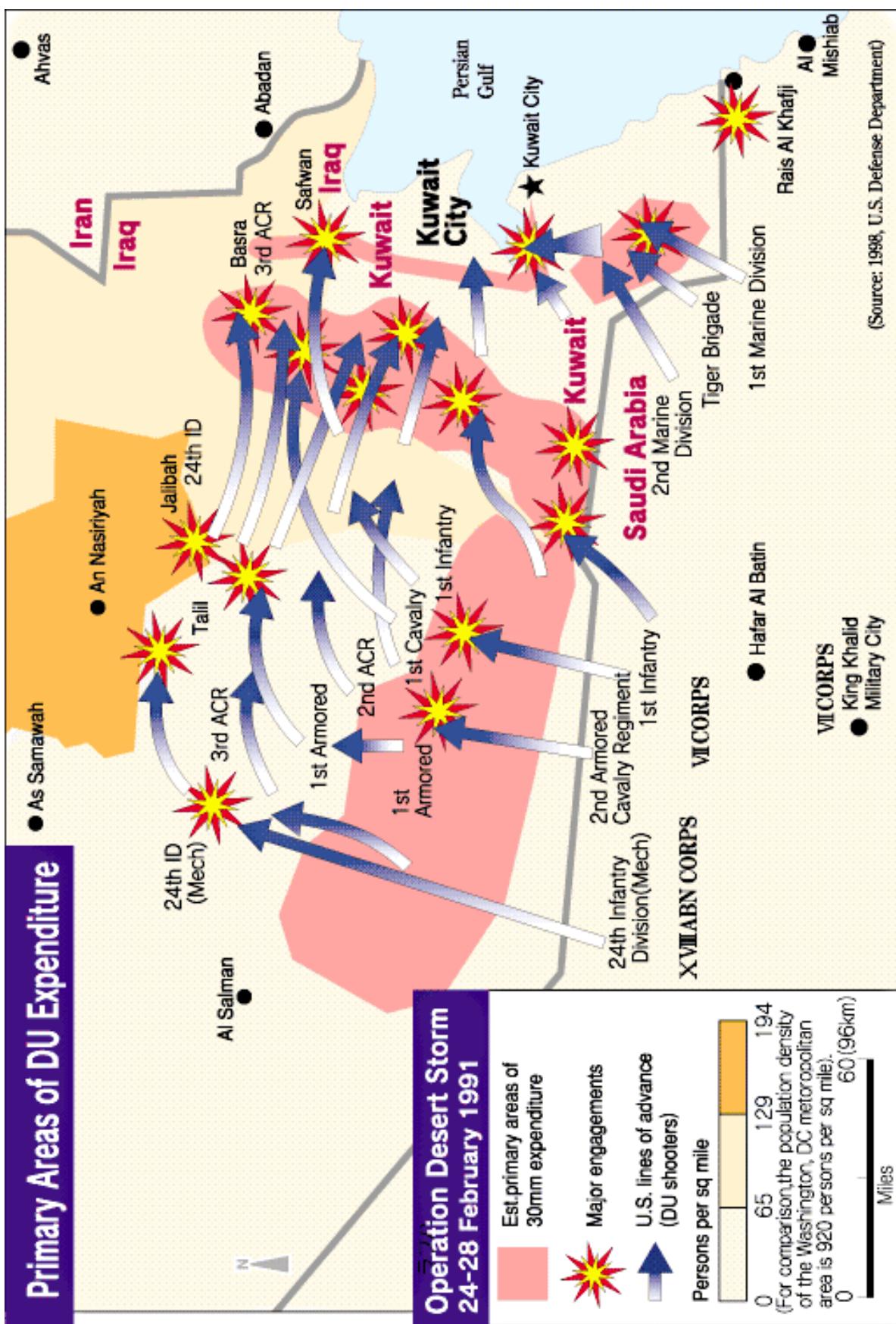
وبينما كان العسكريون الامريكيون يتفاخرون طيلة الفترة المنصرمة بـ"الحرب النظيفة" التي شنوها ضد العراق مدعين بأنها لم تعرّض المدنيين للخطر، فقد فندت مزاعمهم العديد من البحوث والدراسات العلمية والطبية والعسكرية و عشرات التقارير الصحفية الميدانية التي لم تكشف فقط عن الدمار والخسائر البشرية الجسيمة التي سببها الحرب، بل اعطت مؤشرات واضحة لما خلفته من اضرار بيئية وصحية خطيرة. ومع ان العمليات الحربية كانت عموماً في منطقة الباادية الواقعة بين العراق والكويت والسعودية وهي مناطق قليلة السكان نسبياً، إلا ان التقارير تؤكد بان جزيئات اليورانيوم قد وجدت طريقها لانراكم بكميات كبيرة في مدن وبلدات

وقرى ومزارع تبعد عنها عشرات الكيلومترات وهي متراکمة بكميات كبيرة وما انفك تفعل فعلها المدمر، ففي بادئ الامر قدرت المصادر العسكرية الامريكية ان قواتها خلفت نحو 40 طناً لحد الان من الليورانيوم المشع والسام في مناطق شاسعة من الكويت والعراق لكنها عقب تشكيل العلماء والعسكريين المختصين بهذه الكمية رفعت الرقم الى 300 طن وهو رقم اكده (Busby, 2001)، بينما قدرت كل من منظمة السلام الاخضر (Greenpeace) ومركز التوثيق



الخريطة (1-1) توضح عمليات حرب الخليج الثانية (العاصفة الصحراء) للفترة من 24 إلى 28 سبتمبر 1991 .(Fahey, 2000)

الهولندي (Stichting LAKA) بان الكمية لا تقل عن (700-800) طن . و أكد (المقدادي، 2003) بان مساحة الحرب التي جرت عليها العمليات القتالية قد غطيت برمتها بالمواد المشعة والسامة، ونبه دبوراكوفيتش وهو طبيب وخبير بالطب النووي الى ان الكميات الكبيرة من الليورانيوم المنصب التي تركت في العراق سيكون لها حتما انعكاسات بيئية على ارض العراق وبفعل حركة الرياح ونعومة غبار الصحراء فإن اثاره ستنتقل إلى مئات الاميال لتشمل الكويت وال السعودية و قطر علما ان الباحث اعتمد رقم 300 طن في تقديراته لكمية الليورانيوم المنصب المستخدمة .(Fahey, 2000)



(2-1)

(Fahey, 2000)

لقد اتبعت الدراسات التي اجريت بعد انتهاء الحرب في المناطق التي تعرضت لاستخدام الدخيرة المذكورة، ان نسبة النشاط الإشعاعي بلغت $mrad/h$ اي ما يزيد عن 30 ضعفا لاقصى ما يمكن ان يتعرض إليه العاملون في الصناعة النووية وهو ما حول مناطق شاسعة على بعد عشرات ومئات الكيلومترات إلى بيئه ملوته ونشيطة إشعاعيا نتيجة للأسلحة المحممة والألغام والدخيرة الأخرى المتوجرة وغير المتوجرة والملوئات الكيميائية فضلا عن الركام النشط إشعاعيا والمتاثر في الصحراء العراقية وبالقرب من الحدود السعودية والكونية (Saleh and Meqwar, 1995). وما تزال الانفاص الملوثة بالإشعاع متراكمة في الصحراء وحول البصرة والكثير من الاطفال الابرياء يلعبون على مقربة منها ويقومون بتفكيك بقايا اجزانها. لقد اشارت العديد من التقارير إلى ان التلوث قد طال مناطق جنوب العراق والكونية وال سعودية والصحراء العربية بآثار دخيرة اليورانيوم المنصب الخطيرة. وحال هذا الواقع نبه علماء وخبراء اجانب إلى تعرض التربة والمياه وجميع المواد الغذائية للتلوث. إذ ذكرت مؤسسة Stichting LAKA (Stichting LAKA) بقولها: "إن النوع الجديد من الموت البطيء الذي نقلته أكثر الحروب سمسميا في التاريخ يشمل ما يقدر بـ 800 طن من غبار اليورانيوم المستمر في الهبوب عبر شبه الجزيرة العربية لعقود عدة في المستقبل تكفي لجعل هذه العملية معروفة جيدا في السجلات الطبية" (Busby, 2001).

وكانت هيئة الطاقة الذرية البريطانية (UKAEA) قد حذرت وزارة الدفاع البريطانية من مغبة استخدام دخيرة اليورانيوم المنصب في حرب الخليج مرکزة بشكل خاص إلى تأثير الاطفال بالإشعاع تأثرا قويا عبر الغبار السام الذي ستطلقه والذي سيسبب لهم السرطان مهددا حياة من يلعبون بالقرب من العجلات المحترقة وأولئك الذين ينظرون إليها أيضا. وقد أكد ذلك العالم البريطاني ما يكل كلارك الخبير بباحث الطاقة الإشعاعية والإشعاع النووي بقوله: "كنا قد حدرنا الحكومة البريطانية من خطورة وفعالية اليورانيوم كمادة مشعة، إذ يؤدي استنشاقها إلى تأثير بالغ على الرئتين بسبب إشعاعات تلك المادة. ووجدنا في النهاية بان للليورانيوم تأثيرا كيمانيايا أكثر من كونه تأثيرا إشعاعيا فاستنشاق كمية كافية من غبار اليورانيوم يحدث إصابات كيمانياية بالغة للكلبيتين" (Lopez, 2000).

وعلى إثر تصاعد شكاوى العسكريين المشاركون بالحرب من اعراض غامضة سميت "متلازمة حرب الخليج"، اعترفت الوكالة النووية للدفاع (Defense Nuclear Agency) التابعة للبناتاغون قائلة: " علينا الاستعداد لمواجهة مشكلة قوية" (Fahey, 2000). وعلى الرغم من كل ذلك لم تقم الحكومة العراقية وحكومات قوات الحلفاء بتبييه سكان تلك المناطق وتحذير الفلاحين

من الزراعة ورعاية الابقار والمواشي في تلك المناطق الملوثة وكذلك تحذير المواطنين عموماً من مخاطر تناول المنتجات الغذائية والمحاصيل الزراعية لتلك المناطق الملوثة بالإشعاع. وفيما كان الباحثون بمخاطر استخدام اليورانيوم المنصب أكثر قلقاً وحرصاً من تلك الحكومات. فقد كشف نيك كوهين النقاب عن التقرير السري الذي وضعته (UKAEA) والذي يشير إلى وجود ما يكفي من اليورانيوم المنصب في الكويت وجنوب العراق ليسبب ما يحتمل أن يهلك نصف مليون نسمة" (Al-Azzawi *et al.*, 1999). ووجهت صحيفة نيويورك تايمز سنة 1992 تحذيراً بهذا الشأن، إذ كتب إريك هوسكيين المتخصص بالشؤون العلمية قائلاً: "إن بقايا قنادف اليورانيوم الأمريكية ما زالت تفتك بارواح الأطفال العراقيين" (CHR, 2000). وكان البروفيسور الدكتور سيفارت هو رست غونتر وهو عالم وطبيب اطفال أول من أشار علانية إلى جدية مخاطر مخلفات اليورانيوم المنصب على سكان المنطقة ولا سيما في السعودية والكويت فضلاً عن العراق (Fahey, 2000).

وحصل فعلاً ما نبه إليه العلماء وحدروا من مخاطره، فقد وصفت عالمة الفيزياء الأسترالية هيلين كولديكوت حرب الخليج الثانية بالمجذرة وقالت: "لقد عنيت السلطات الأمريكية عناية شديدة بإخفاء حجم المجذرة" (المقدادي، 2003) فيما أكدت تقارير أخرى عسكرية أن الآلاف من الجنود العراقيين لقوا مصرعهم مباشرةً بتلك القنادف أو نتيجة التعرض لها. وقدرت المصادر أن تلك الدخانات سببت في الأشهر التمانية الأولى من سنة 1991 موت زهاء 50 ألف طفل عراقي نتيجة إصابتهم بامراض مختلفة نجمت عنها امراض مختلفة منها السرطان وعجز الكليه وامراض داخلية اخرى لم تكن معروفة سابقاً (Saleh and Meqwar, 1995). إن هذا دفع إلى زيادة تصاعدية في نسبة الإصابات السرطانية المختلفة نتيجة لتلوث مساحات شاسعة من جنوب العراق بإشعاعات اليورانيوم المنصب لاسيما بين العسكريين وبخاصة في مجال إصابات الغدد الليمفاوية وسرطان الدم. فقد نشرت صحيفة "الاندبندنت"، عام 1999 سلسلة مقالات حول الأدلة المتزايدة على الصلة بين نقشى مرض السرطان في العراق واستخدام قنادف اليورانيوم المنصب معتمدة على تقارير أعدها العديد من العلماء والمهتمين بهذا الموضوع مما زاد من اهتمامه بان التلوث باليورانيوم المنصب طال البيئة ومعظم السكان في العراق فضلاً عن اجزاء من الكويت (CHR, 2000).

وأصبح من المؤكد بان سنوات طويلة سوف تمر قبل ان تتضح ابعاد الاضرار والاخطر التي اصابت البيئة في الكويت ومنطقة الخليج العربي لاسيما وان العلماء والمختصين يتوقعون مخاطر اعظم مؤكدين بان التلوث الإشعاعي الناتج عن ذخيرة اليورانيوم المنصب قادر على البقاء في الارضي التي يلوثها لفترة تقدر بحدود 4 مليار سنة

(Al-Azzawi *et al.*, 1999). ولعل ما قاله الباحث الدكتور جون دانكر وهو طبيب واحد ابرز الباحثين البيئيين في برنامج الامم المتحدة لمكافحة التلوث ويدير جمعية لمساعدة ضحايا التلوث في العالم، من ان متوسطي الاعمار سيكونون الاكثر تأثرا بانتشار التلوث في هذه المنطقة من الناحية الديموغرافية مما ينطوي على دلالة بالغة وبخاصة ان الإصابات السرطانية والتشوهات الولادية والوفيات الناجمة عن التلوث باليورانيوم المذكور قد طالت لحد الان مئات الالاف من السكان. وإدراكا منه لحجم المخاطر البيئية والصحية والحياتية الراهنة والمستقبلية وابعادها الكارثية وبالاستاد إلى بحوث ودراسات ميدانية عديدة اجريها في العراق اوصلته إلى نتائج خطيرة وجه العالم وطبيب الاطفال غونتر نداءات ملحه لإجراء دراسات واسعة ومكثفة في العراق للوقوف على حجم الاضرار الرهيبة التي سببها استخدام ذخيرة اليورانيوم على السكان المدنيين وخاصة الاطفال (Fahey, 2000).

وبعد توفر الكثير من البراهين والقرائن عن الاضرار الجسيمة التي لحقت بآلاف المواطنين العراقيين، فقد اعرب العاملان في ميدان دراسة آثار اليورانيوم المنصب هاري شارما الاستاذ في الكيمياء ودونغ روكل الباحث في الهندسة البيئية والفيزياء النووية، في اواخر عام 1999 امام لجنة الدفاع التابعة للبرلمان البريطاني عن املهما بتوفير رعاية طبية لجميع الاشخاص الذين تعرضوا للتاثير اليورانيوم المنصب وطالبا بضرورة تنقية الاماكن المحيطة من كل آثاره كما وجها نداءا لحظر استخدام قذائف اليورانيوم المنصب (Al-Azzawi *et al.*, 1999).

وفي مطلع العام الجاري دعا السير تاونسند السياسي البريطاني ومدير مجلس تحسين التفاهم العربي البريطاني (CAABU) ، الحكومة البريطانية الى ان تعلن فورا انهما ستجرى تحقيقا شاملـا وجديـا في التـاثيرات النـاجـمة عن استـخدـام اليورـانيـوم المنـصب وربـما بالـتعاون مع بلدـان اخـرى كالـولاـيـات المـتحـدة وان تـجـري بالـتعاون مع منـظـمة الصـحة العـالـمـية تـحـقيقـا دقـيقـا في ايـهـ عـلـاقـة محـتمـلة بيـن نقـشـي مـرض السـرـطـان فـي منـطـقة الـخـلـيج واسـتـخدـام اليورـانيـوم المنـصب من قـبـل القـوـات الـبـرـيطـانـية مؤـكـدا باـن خـطـوة كـهـدهـ منـشـأـها ان تعـطـي لـلـسـيـاسـة الـخـارـجـية الـبـرـيطـانـية الـبعـد الـاخـلاـقي الـذـي وـعـدـتـ بهـ الحـكـومـة مـشـيراـ إلىـ العـدـيدـ منـ المصـادرـ الـتـي كـشـفـتـ عنـ الـصـلـةـ بيـن اـنتـشارـ الـامـراضـ السـرـطـانـيةـ واسـتـخدـامـ ذـخـيرـةـ اليورـانيـومـ المنـصبـ (المـقدـاديـ 2003). وقد اـبـدى تـاـونـسـنـدـ استـغـرابـهـ مـنـ انـ وزـيرـةـ التـنـمـيـةـ الـعـالـمـيـةـ فـيـ الحـكـومـةـ الـبـرـيطـانـيـةـ السـيـدـةـ كـلـيرـ شـورـتـ غيرـ مـلـمـةـ لـهـ اـنـ بـتـائـيرـاتـ اـسـتـخدـامـ اـسـلـحـةـ الـتـيـ تـحـتـويـ عـلـىـ اليورـانيـومـ المنـصبـ. واعـتـرـفـتـ الـوزـيرـةـ فـيـ رسـالـةـ لـهـ فـائـلـةـ: "ـنـحنـ فـيـ الـوـاقـعـ لاـ نـجـريـ ايـهـ اـبـحـاثـ فـيـ التـاثـيرـاتـ الصـحـيـةـ لـقـذـافـ".

التي زودت رؤوسها باليورانيوم المنصب ولا علم لنا بمثل هذه الابحاث، ومع ان السير تاونسند لم يدين استخدام القوات العسكرية الاميركية والبريطانية لهذه الدخيرة والتي شكلت جريمة بحق البيئة البشرية والطبيعية وتسقّف الإدانة الواسعة بوصفها مواد محرمة دوليا، لكن دعوته الحريصة الى الكشف عن تأثيرات استخدام هذه الدخيرة في منطقتنا تسقّف النساء والتقدير إذ جاءت داعمة لمطالبة العالمين شارما و هووك و غيرهما.

وعقب زيارة ميدانية للعراق في نيسان 2000 دعا الكاهن الفرنسي جان ماري بنجامين إلى تنظيم مؤتمر دولي وإرسال بعثات علمية إلى العراق لدراسة آثار دخائر اليورانيوم المنصب بعد ان شاهد في المستشفيات العراقية اعدادا كبيرة من الاطفال المولودين بتشوهات خلقية ومصابين بسرطان الدم .اما في حرم جامعة جنيف وامام مقر الامم المتحدة طالبت منظمات غير حكومية النساء انعقاد الدورة السنوية للجنة حقوق الإنسان التابعة للأمم المتحدة، بدراسة آثار استعمال اليورانيوم المنصب على مستقبل الشعب العراقي محذرة من ان نسله يواجه تشوّهات في الجينات الوراثية مستعينة بتاكيدات اطباء وعلماء وخبراء اجانب في هذا المضمار .(Fahey, 2000)

إن مهمة الكشف عن تأثيرات استخدام دخيرة اليورانيوم المنصب في المنطقة العربية ومعالجتها بقدر ما هي مهمة وطنية ملحة، إلا انه لا يمكن لبلد واحد مهما امتلك من إمكانيات وقدرات ولا حتى الوكالة الدولية لمكافحة السرطان التابعة لمنظمة الصحة العالمية ولا غيرها إنجازها لوحدها، كما ان التاخر في معالجتها طيلة عقد كامل من الزمن ضاعف من تعقيد إنجاز هذه المهمة، لذا فان كل يوم يمر يزيد من التعقيدات ويفاقم من اخطار التلوث وما ينجم عنه ويزيد من صعوبة مهمة الاطباء في معالجة المصابين. وإذا ما بوشر بالمهمة فان العمل سيعجّل في موقع ملوثة تلوثاً إشعاعياً وسمياً واسعاً وخطيراً، وهذا بحد ذاته يخلق مشاكل وصعوبات وعراقل جمة إضافية امام إنجاز المهمة وبخاصة امام القائمين بها. واستناداً إلى دانييل فاهي ورافائيل جمة إضافية امام إنجاز المهمة وبخاصة امام القائمين بها. واستناداً إلى دانييل فاهي (Fahey, 2000) المسؤول حالياً عن الابحاث في المركز الوطني الامريكي لعلومات حرب الخليج والذي اجرى دراسة مكتفة على اليورانيوم المنصب اكدت ان التعرض للتلوث الإشعاعي الناتج عن اليورانيوم المنصب يشكل خطراً على الجنود وعلى السكان المدنيين ما لم يكونوا متدربين ومجهزين بالملابس الواقية.

إن تنظيف المنطقة من اليورانيوم المنصب ستكون عملية صعبة جداً ومكلفة، إذ يجب تغليف جميع العربات العسكرية الملوثة بخلاف واقي من القماش التقليد Tarpaulin تم تؤخذ الى أماكن خاصة لتخلصها من التلوث. كما يجب إزالة الطبقة السطحية من التربة الملوثة بعمق قدم

نفرياً إذ توضع في حاويات ليتم التخلص منها بشكل مناسب وهذا يشمل القذائف التي اخطأت اهدافها إذ يجب الكشف عنها والتخلص منها بشكل مناسب، وفي هذا المضمار اشارت تقارير الى ان نحو 90 قنبلة من القنابل التي تساقطت اثناء الحرب اخطأت اهدافها، وقال خبير عسكري امريكي إن ما لا يقل عن 600 قنبلة وصاروخ وقديفة مدفعية اسقطت او اطلقت يومياً اثناء حرب الخليج ولم تنفجر وتشكل خطراً مستمراً في مكان ما من منطقة القتال السابقة. وإدراكاً للمخاطر، دعا (المقدادي 2003) الى وجوب تخلیص المناطق التي استخدمت فيها دخانات اليورانيوم المنصب مهما كانت كميتها من التلوث وكذلك تخلیصها من جميع القذائف الملوثة وإن سيفى التلوث الى الابد محظراً من ان عدم تزويده العاملين في هذه العملية بالتجهيزات الوقائية الكافية والتدريب المناسب سيعرضهم لمشاكل صحية خطيرة وكل هذا يشكل عقبات كبيرة إضافية سواءً من حيث ضرورة توفير المستلزمات الخاصة المطلوبة والتي من دونها لا يمكن العمل إطلاقاً لكونه مجازفة خطيرة على حياة العاملين ولابد من مطالبة الحكومتين الامريكية والبريطانية بان تقوم وزارتا دفاعهما بتقديم الخرائط الكاملة والمفصلة عن موقع استخدام ذخيرة اليورانيوم ومناطق التلوث بها والعمل على إرغام الحكومتين على تحمل القسط الأكبر من الاموال المطلوبة لتوفير الأجهزة والمعدات والكوادر العلمية والفنية وغيرها من الامور الالزمه لتنفيذ مهمة الكشف عن اضرار السلاح الذي استخدمته قواتهما وكذلك لمعالجة المتضررين وإصلاح ما لحق بالبيئة من خراب ودمار شاملين .(CHR, 2000).

Uranium**3.1 اليورانيوم**

اليورانيوم معدن طبيعي ثقيل جداً ذو لون فضي رمادي براق كثافته عالية تصل إلى 18.9 gm/cm^3 وهو مصدر مشع متواجد في القشرة الأرضية وفي اغلب الصخور بنسبة 3 ppm (gm/ton) ومتواجد أيضاً بكميات قليلة في رواسب التربة والمياه والنبات والحيوانات وجسم الإنسان، وتحتوي مياه البحر على نسبة 3 ppb (mg/ton) . ومعدل فان جسم الإنسان يحتوي على μg 90 تقريباً من اليورانيوم عن طريق التناول الطبيعي للماء والطعام والهواء. حوالي 66% منه موجود في الهيكل العظمي، و 16% في الكبد، و 8% في الكليتين، و 10% في بقية أنسجة الجسم (UIC, 2002).

اكتُشف معدن اليورانيوم عام 1789 من قبل الكيميائي الالماني Martin Klaproth (معدن اليورانيت الحاوي على اليورانيوم والراديوم). وقد سمي بهذا الاسم بعد تمانية اعوام من اكتشاف كوكب اورانوس (Wise Uranium Project, 2002) والرمز الكيميائي له U ودرجة انصهاره 1132°C .

يتكون اليورانيوم الطبيعي من ثلاثة نظائر كلها مشعة وهي $\text{U}^{234}, \text{U}^{235}, \text{U}^{238}$ ، وتعد النوى الام لسلسلتين من الانحلالات المستقلة، إذ ان U^{234} ناتج من انحلال سلسلة U^{238} .

1.3.1 خواص اليورانيوم الطبيعي

الجدول (1-1) يوضح بعض خواص اليورانيوم الطبيعي ونسب تركيبه النظائرية (WHO, 2001).

الجدول (1-1) خواص نظائر اليورانيوم الطبيعي

Isotopes Properties	U^{234}	U^{235}	U^{238}	Total
Half Life	244500 Yrs	703.8×10^6 Yrs	4.5×10^9 Yrs	—
Specific Activity	231.3 MBq/gm	80011 Bq/gm	12455 Bq/gm	—
Atom %	0.0054 %	0.72 %	99.275 %	100 %
Weight %	0.0053 %	0.74 %	99.284 %	100 %
Activity %	48.9 %	2.2 %	48.9 %	100 %
Activity in 1gm U. natural	12356 Bq	568 Bq	12356 Bq	25280 Bq
Activity Ratio $\text{U}^{234}/\text{U}^{238}$	—	—	—	1.00
Activity Ratio $\text{U}^{235}/\text{U}^{238}$	—	—	—	0.048

2.3.1 اليورانيوم المنصب

اليورانيوم المنصب هو المادة المتبقية من سلسلة عمليات تخصيب معدن اليورانيوم الخام وهو يمثل تقريباً 60% من الإشعاعية المحققة لليورانيوم الطبيعي. يحتوي اليورانيوم المنصب على قليلة من ^{235}U و ^{234}U والتي قد خضعت ل أثناء عمليات الاستنزاف أو التخصيب. ولذلك فإن النواتج الأولية والثانوية من عمليات التخصيب هي كما في الجدول (2-1) :

(Wise Uranium Project, 2002)

الجدول (2-1) نواتج عمليات التخصيب

Isotopes	U-234	U-235	U-238
Weapon grade uranium composition	1 %	93.5 %	5.5 %
Depleted uranium composition	0.001	0.25 %	99.8 %

وبعد عمليات التخصيب فإن اليورانيوم المنصب يمكن أن يستخدم كمدك صاهر في الأسلحة النووية الحرارية. هذا المدك الصاهر يمنع الإشعاع الحراري من الهروب من الوقود النووي الحراري، لذلك فهو يعمل على تحسين كفاءة الحرق. فيما النيترونات السريعة ذات الطاقة (2.45 & 14.1) MeV الناتجة عن عمليات الصهر تعمل على سطح مذك اليورانيوم المنصب.

إن أهم مكونات اليورانيوم المنصب هو ^{238}U والذي يبعث جسيمات الفا بعمر نصف (Half life, $T_{1/2}$) مساوٍ إلى 4.5×10^9 yrs وبفاعلية نوعية تقارب من $2.2 \times 10^{-6} \text{ Ci/gm}$. بينما الفاعلية النوعية للنظير ^{235}U تكون بحدود $3.4 \times 10^{-7} \text{ Ci/gm}$.

الفاعلية النوعية المركبة لليورانيوم المنصب فإنها تساوي $4.7 \times 10^{-7} \text{ Ci/gm}$ وله وليدتان ذوات عمر نصفي قصير هما التور يوم ^{234}Th و البروتاكتنيوم ^{234}Pa بعمر نصف 24.1 day و 1.17 m على التوالي واللتان تبعثران أشعة بيتا وكاما الضعيفة (Liolios, 1996).

وبسبب هذه العمليات الانحلالية التالية، فإن كمية قليلة جداً من هذه الوليدات عادة تكون موجودة في اليورانيوم المنصب. ومن جهة أخرى فإن $(T_{1/2} = 7 \times 10^8 \text{ yrs})$ ^{235}U ينحل إلى $(T_{1/2} = 3.25 \times 10^4 \text{ yrs})$ ^{231}Pa والذي يبعث الفا وبيتا وكاما.

إن سلاسل ^{232}Th و ^{238}U تستمر بالانحلال إلى نظائر ذات عمر نصفي طويل نسبياً حتى تستقر عند الرصاص غير المشع ^{208}pb و ^{206}pb و ^{207}pb ، وإذا دخل اليورانيوم المنصب الجسم فإنه يتحلل في داخله إذ يمتلك درجات مختلفة من قابلية الذوبان ويكون خطره

السمي الرئيسي هو التعفن الخلوي (التخثر الخلوي) والفشل الكلوي (CHR, 2000). لقد قام المؤتمر الامريكي للصناعات الصحية الحكومية (ACGIH) بحساب قيمة الحدود الدنيا للتأثيرات السمية (حد العتبة) (Threshold Limit Value) وكانت 0.2 mg/m^3 . وحد العتبة يستند على مبدأ مفاده ان هناك حد عتبة والذي دونه لا يظهر تأثير صحي محقق، علماً بأن هناك من يخالف هذا المبدأ وينفي وجود جرعة العتبة، وإن الجرعة الإشعاعية مهما كانت قليلة أو ضئيلة فإن من الممكن أن يكون لها تأثير صحي ضار ولم يحسم هذا الموضوع لحد الان، وتد ايضاً (Time Weighted - average value) حيث إن هناك معدل يؤخذ لكل 8 ساعات عمل يومياً و 40 ساعة عمل أسبوعياً على طول فترة العمل (Liolios, 1996). والجدول (3-1) يبين نسب نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنصب.

الجدول (3-1) خواص نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنصب

Isotopes Properties	U^{234}	U^{235}	U^{238}	Total
Weight %	0.000897 %	0.2 %	99.799 %	100 %
Activity %	14.2 %	1.1 %	84.7 %	100 %
Activity in 1gm of DU	2076 Bq	160 Bq	12420 Bq	14656 Bq
Activity ratio $\text{U}^{234}/\text{U}^{238}$				0.18
Activity ratio $\text{U}^{235}/\text{U}^{238}$				0.013

3.3.1 التعرض لليورانيوم واليورانيوم المنصب:

Exposure to Uranium & Depleted Uranium

إن معدل تناول او دخول اليورانيوم في جسم الإنسان هو بحدود $460 \mu\text{g/yr}$ عن طريق الابتلاع، و $0.59 \mu\text{gm}$ تقريباً عن طريق الاستنشاق. وتحت جميع الظروف، فإن استخدام اليورانيوم المنصب يمكن أن يساهم في مستويات الخفية الإشعاعية الطبيعية لليورانيوم في البيئة وعليه فإن الجزء الأكبر من التعرض لليورانيوم المنصب يتأتي من الحروب التي تستخدم فيها ذخيرة اليورانيوم المنصب وقد قام برنامج الأمم المتحدة للبيئة بإجراء قياسات موضعية للعديد من (United Nations Environment Program, UNEP)

المناطق في كوسوفو بعد الحرب إذ اشارت كلها إلى ان تلوث البيئة باليورانيوم المنصب قد انتشر لبضعة اطنان متربة حول المنطقة المقصوفة، وان مستوى الخلفية الإشعاعية قد ارتفع بصورة واضحة نتيجة لاستخدام تلك الفدائف الحاوية على اليورانيوم المنصب. وخلال الايام والسنوات التي تبع تلك الاصحاحات انتشر التلوث إلى مناطق واسعة من البيئة الطبيعية حيث الناس الذين يعيشون ويعملون في المناطق المتأثرة يمكن ان يستنشقوا الغبار الملوث ويتناولوا الطعام والماء الملوثين (WHO, 2001).

Intake of depleted uranium

4.3.1 منفذ (مدخل) اليورانيوم المنصب

إن دخول اليورانيوم المنصب إلى جسم الإنسان والكائنات الحية يمكن أن يحدث إذا كان الماء الذي يشربه والطعام الذي يتناوله ملوثين باليورانيوم المنصب، كما ان ابتلاع الاطفال للتربة خلال فترة نقص الفيتامينات (حالة تناول التراب والطين والطباسير، الخ) او وضع ايديهم داخل افواههم بعد وسيلة مهمة لانتقال اليورانيوم المنصب إلى داخل الجسم. اما الدخول بواسطة الاستنشاق فيمكن ان يحدث عندما تنتشر درات الغبار الحاملة لليورانيوم المنصب نتيجة لهبوب الرياح، وكذلك الاستنشاق الذي يتم اثناء حوادث تحطم الطائرات او المركبات الحاملة لذخيرة اليورانيوم المنصب او نتيجة للحرائق التي تحدث في مخازن اليورانيوم. وهناك إمكانية لدخول اليورانيوم إلى داخل الجسم من خلال الجروح الملوثة بسبب الشظايا التي تصيب انسجة الجلد وهذا يؤدي إلى وصول اليورانيوم المنصب إلى جميع اعضاء الجسم .(Lopez, 2000) (Wise Uranium Project, 2002)

Absorption of DU

5.3.1 امتصاص اليورانيوم المنصب

إن أكثر من 90% من اليورانيوم الداخل إلى الجسم يتم طرحه عن طريق الجهاز الهضمي. أما اليورانيوم الممتص من قبل الدم فان ما يقارب 67% منه يصفى في الكليتين ويطرح مع البول خلال 24 ساعة، وإن معدلات امتصاص اليورانيوم الموجود في الطعام والماء تكون بحدود 2% لمركبات اليورانيوم الدائبة وتتحفظ إلى 0.2% للمركبات غير الدائبة (UIC, 2002).

Radon Gas

4.1 غاز الرا دون

الرا دون هو أحد عناصر الجدول الدوري ويقع ضمن مجموعة العناصر النبيلة كالهيليوم والنيون والزينون وغيرها). Kg/m^3 9.7 درجة غليانه C° 61.8 - ودرجة إنجماده C° 71.0 - وهو غاز مشع عديم اللون والرائحة وهذه الخواص تصعب عملية الكشف عنه. وبعد الرا دون من أقل الغازات المعروفة في الطبيعة، فعدده الدربي 86 والعدد الكتلي لنظيره الأكبر استقرارا هو 222.

اكتُشف غاز الرا دون عام 1900 من قبل العالم دورن (F.E Dorn) في املاح الراديوم واطلق عليه اسم فيض الراديوم Radium Emanation . يتولد غاز الرا دون Rn^{222} Spontaneous Decay لعنصر الراديوم Rn^{226} والذي يتواجد في القشرة الأرضية بنسبة $10^{-11}\%$. إن وجود الراديوم في منطقة ما في الطبيعة يعتمد على وجود اليورانيوم U^{238} والذي يقدر الجيولوجيين وجوده في القشرة الأرضية بنسبة $3 ppm$ ، وبما ان الراديوم هو المصدر الرئيسي للرا دون في الطبيعة وعمره النصف يساوي Year 1600 ، وعليه يتوقع وجود الراديوم في جميع الخامات التي تحتوي على U^{238} الذي لا يتوزع بصورة متجانسة في المناطق الجيولوجية المختلفة، لذا فهناك مناطق تكاد تكون خالية من هذا العنصر في حين توجد مناطق اخرى تحتوي على تراكيز عالية من الخامات التي تحتوي على هذا العنصر مما يؤثر به ملموس على تراكيز الرا دون من منطقة لآخر لكونه يتسرّب ويتحرر بشكل طبيعي من الارض والمياه الجوفية إلى الجو. ويقدر المختصون ان مايكروغرام واحد من الراديوم Ra^{226} يمكن ان ينتج ما مقداره $ml 0.0001$ من غاز الرا دون Rn^{222} تحت الظروف الاعتيادية من الضغط والحرارة (Sims, 1998).

وكما هو معروف فان العناصر الموجودة في الطبيعة تنتمي إلى اربع سلاسل انحلال Decay Series رئيسة هي التوريوم Th^{232} والنبيتونيوم Np^{237} واليورانيوم U^{238} والاكتينيوم Ac^{227} ، وان كل من هذه السلاسل المذكورة، عدا النبيتونيوم لنفاده من الكره الأرضية، تمر عند انحلالها باحد نظائر الرا دون الثلاثة المهمة وهي:

1 - الاكتينيون: هو نظير الرا دون Rn^{219} وينتمي إلى سلسلة الاكتينيوم Ac^{227} . ويبلغ عمره النصفic Sec 4 ويتوارد بنسبة قليلة جدا وذلك بسبب قلة تواجد اليورانيوم U^{235} (قل من 1%)، وعمره النصفي قصير قياسا باليورانيوم U^{238} . إن سلسلة الانحلال هذه تشكل حوالي (0.72 %) من الإشعاع الطبيعي.

ب - التورون: وهو نظير الرادون Rn^{220} وينتمي إلى سلسلة التوريوم Th^{232} . ويبلغ عمره النصف $Sec\ 55$ بعد التورون أكثر نظائر الرادون غزاره بسبب وفرة التور يوم العالية مقارنة باليورانيوم ولكنه يختفي من الجو بسرعة بسبب عمره النصف القصير.

ـ الرادون: هو نظير الرادون Rn^{222} والذي ينتمي إلى سلسلة اليورانيوم U^{238} ويعد هذا النظير الأطول عمراً من بين نظائر الرادون إذ أن عمره النصف يساوي $3.825 day$ يزيد من قابليته على الانتشار لمسافات غير قليلة في الجو على الرغم من كونه ينبعث من التربة بكميات أقل بكثير من التورون.

Detection of Radon Gaz

1.4.1 الكشف عن غاز الرادون

يتميز غاز الرادون بكونه غازاً مشعاً لذا فإن عملية الكشف عنه وقياس تراكيزه في المواد (الهواء والتربة والمياه، الخ) سوف تستند بصورة رئيسية إلى استخدام الكواشف النووية وهذه الكواشف على نوعين :

1 - الكواشف السليبية Passive Detectors: وهي كواشف لا تحتاج في تشغيلها إلى القدرة الكهربائية مثل كواشف الاتر النووي الصلبة (SSNTD's) ولها القابلية على تسجيل اثار جسيمات الفا الناتجة من انحلال الرادون بصورة مباشرة دون اي فعل من المستخدم او تدخل من الاجهزة (CMHCHC, 1997).

2 - الكواشف الفعالة Active Detectors: وهي عكس الصنف الاول إذ أنها لا تستغني عن القدرة الكهربائية اثناء عملها وتتنمي كواشف اشباه الموصلات إلى هذا النوع.

إن كلا الصنفين اعلاه تم تمازن بحساسيتهم العالية لجسيمات الفا التي تتبع من الرادون إلا ان الصنف الاول من الكواشف في اعلاه يكون مفضلاً عن الصنف الثاني في حالة القياسات طويلة الامد او التي تجري في ظروف بيئية قاسية او في اماكن بعيدة لا تتوفر فيها القدرة الكهربائية .

2.4.1 المخاطر الصحية للرادون ووليداته

منذ قرون عدة وجد ان عدداً كبيراً من العاملين في مناجم استخراج الفحم والمعادن المختلفة في بعض المناطق من العالم وبشكل خاص في مناطق شرق اوروبا يعانون من امراض معينة في الرئة والتي لم يتم تشخيصها كحالة من حالات سرطان الرئة إلا في فترة متأخرة وقد اظهرت الدراسات التي اجريت في الخمسينات من القرن الماضي وبعدها ان الجرعات الإشعاعية المسببة لسرطان الرئة لدى اولئك العاملين لم تكن بسبب استنشاق غاز الرادون فحسب بل بسبب تراكم نواتج تحلله من باعثات جسيمات الفا ذات العمر النصفي القصير والتي تلتصق عادة بجسيمات الغبار المنتشرة في اجواء المناجم (الونداوي، 1999). ونظراً لكون جسيمات الفا

المتبعة من الرادون تعد من الجسيمات الثقيلة والمشحونة فإنها تحدث عند تصادمها مع ذرات الخلايا المكونة لانسجة وأعضاء الجسم تأثيرات واضطرابات هائلة فيها فضلاً عن التأثيرات الكيميائية على المستوى الجزيئي. ويقدر متوسط طول مسار جسيمات الفا في الانسجة الرخوة بحدود μm 40 ، كما إن طاقتها التأينية تزيد بأكثر من ألف مرة على طاقة جسيمات بيتا وهي بذلك تكون أكثر تدميراً للأنسجة البشرية، ومن هنا تأتي مخاطر التعرض للرادون Rn^{222} ونواتج على الرغم مما تقدم فإن جزءاً من الجرعة المكافئة الفعالة السنوية التي يتعرض لها الأشخاص المتواجدون في بيئه ذات خلفية إشعاعية اعتيادية تقدر بحدود mSv 2 في العام، وهذا يأتي بسبب استنشاق الإنسان للرادون Rn^{222} بمعدل 0.8 mSv (Njm, 1997).

إن اعداداً متزايدة من حالات سرطان الرئة يتم تشخيصها بين العاملين في مناجم استخراج اليورانيوم وبخاصة المعلقة منها والموجودة تحت سطح الأرض، ونظراً لسلوكية غاز الرادون ووليداته لا يمكن استبعاد احتمال إصابة العاملين بسرطان الرئة في المناجم المفتوحة أيضاً وحتى ضمن العاملين في الانواع المتغيرة من المناجم التي تستخدم تقانة استخراج المعادن بطريقة الدوبان باستعمال المحاليل، إذ يتم إدابة واستخراج المعادن من تحت سطح الأرض ومن ثم ضخها إلى السطح. ومن الجدير بالذكر إن هذه التقانة محدودة جداً في الوقت الحاضر ولكن يتوقع انتشارها في المستقبل لأسباب عديدة وبشكل خاص ما يتعلق منها بتوافق الجوانب المتعلقة بالسلامة المهنية والأمان || (Sims, 1998).

وينبع الاهتمام الواسع بالرادون كملوث إشعاعي بيئي وصناعي من كونه مصدراً خطراً على صحة العاملين في المناجم والأنفاق وعلى صحة العامة من الناس على حد سواء بسبب اتساع نطاق انتشاره في التربة ومواد البناء والمياه الجوفية بما في ذلك مياه الآبار والينابيع المعدنية وكذلك لا تخلو مياه شبكات إسالة المياه في بعض المناطق من هذا الغاز.

وعلى الرغم من كون المعايير الخاصة بالتعرف لغاز الرادون قد اعلنت لجمهور الناس منذ عام 1960، إلا ان الاهتمام بالرادون كعامل إشعاعي خطير ملوث للبيئة وله تأثيرات صحية ضارة على الإنسان لم يأخذ مداه المطلوب إلا في منتصف السبعينيات من هذا القرن عندما أصبح في متناول الباحثين والمهتمين أجهزة متقدمة قادرة على تحسس الرادون بتركيز مختلف. ويقدر تعلق الامر بالمساكن والابنية وغيرها فقد تم التأكيد على التصميمات التي تتضمن مقاومة التقليبات المناخية، والتي من اهم خصائصها المحافظة على اجوائها الداخلية من خلال التحكم في عمليات التهوية وخفض معدلاتها الى الحدود الدنيا المقبولة وفق المعايير السائدة. ولغرض الإيضاح

نذكر ان معدل التهوية في اماكن الإقامة يتراوح بين (0.5-1.5) مرات تغيير هواء في الساعة (Wise Uranium Project, 2002) (CMHCHC, 1997).

3.4.1 فوائد غاز الرادون واستخداماته

إن من اهم فوائد غاز الرادون واستخداماته هي :

1 - التقريب عن اليورانيوم: إن الاساس العملي الذي تبني عليه هذه الطريقة هو ان اليورانيوم يمثل النواة الام (Parent Nucleus) الرئيسية التي ينحدر عنها غاز الرادون، فهو يتولد من تحلل الراديوم الذي هو بالاساس من نواتج تحلل سلسلة اليورانيوم. لذا فان رصد الرادون بتراكيز عاليه قرب سطح الارض هو دليل على وجود خام اليورانيوم عند عمق معين، ولكن كيف يمكن للرادون ان يتضاعف بغازارة الى سطح الارض التي يتواجد تحتها اليورانيوم دون ان تخفيض تراكيزه بشدة عاليه نتيجة لتحلل الإشعاعي داخل الارض، إذ ان له عمر نصفى يبلغ 3.825 day ومعدل عمر يبلغ 5.5 day وكلاهما قصير نسبيا ؟ إن ذلك يعزى الى ثلاثة عوامل اساسية تؤثر على انتقال غاز الرادون داخل الارض وهم :

١ - خمول الغاز كيميائيا اي لا يتفاعل مع ذرات الوسط المحيط، لذا فان تراكيزه لا تتناقص عند انتقال الغاز خلال الارض (نجم، 1997).

ب - مسامية ونفاذية الارض، إذ إن انتقال غاز الرادون في الارض عالية المسامية يكون سهلا.

- التدرج الحراري (Heat gradient)، وهو التغير في درجة حرارة الارض المرافق للتغير في العمق عن سطحها (الونداوي، 1999).

2 - في التقريب عن النفط والغاز: إن قياس تراكيز عاليه لغاز الرادون قرب سطح الارض هو دليل على وجود خامات هايدروكاربونية إضافة الى وجود خامات اليورانيوم، إذ ان الغازات التي تتسرّب عن الخامات البترولية تتحرك نحو الاعلى محدثة بذلك جريانا تصاعديا (Up flow) قرب سطح الارض حيث يقاس الرادون، وهكذا فان قياس تراكيز غاز الرادون قرب سطح الارض قد يدل وبصورة غير مباشرة على وجود خامات النفط والغاز عند عمق معين في باطن الارض (CMHCHC, 1997).

3 - في التنبؤ عن الزلازل والبراكين: إن حدوث الزلازل والبراكين يكون عادة مصحوبا بزيادة فجائيه لتراكيز الرادون قرب سطح الارض وخصوصا في الفترة التي تسبق حدوث الزلازل والبركانية. مما يجعل من الرادون عاملاما مهما في عملية التنبؤ بهذه الكارثة الخطيرة نتيجة لحدوث إنضغاطات وتوسيعات وإجهادات في القشرة الأرضية والتي بدورها تؤثر على مناسبات جريان

الموائع في مسامات القشرة الأرضية، مما يؤدي إلى زيادة تراكيز غاز الرادون عن مستوياتها السابقة بصورة ملحوظة (Planinic *et al.*, 2000).

4 - في تحديد تراكيز بعض المواد المشعة التي تبع عاز الرادون: فمثلاً يمكن تحديد تراكيز المواد المشعة في المساكن والبنيات وهواء الغرف حفاظاً على الصحة العامة للسكان، وكذلك في المواد الغذائية حيث تعد الأكثر أهمية، مثل التبغ والشاي ومساحيق التنظيف ومعاجين الأسنان الخ (الجزراوي، 1999) (الجزراوي، 1999) (Khan *et al.*, 1988) (عقراوي، 2002).

4.4.1 طرائق حساب تراكيز الرادون

تتقسم طرائق حساب تراكيز الرادون إلى طريقتين اساسيتين أو لاهما طريقة القياس قصيرة الأمد إذ يتم حساب تراكيز الرادون إليها من خلال مراقبة التغيرات في مستوى انبعاث الرادون للموقع الجيولوجية وفي التباين عن الزلزال والبراكين ويستخدم في هذه الطريقة العدد التناصبي أو العدد الوميسي وحمرات التباين لقياس جسيمات الفا أما الثانية فهي طريقة القياس طويلة الأمد ويستخدم فيها كواشف الآثار النووية الصلبة (SSNTD's) وتعد هذه الطريقة أكثر كفاءة في القياس إذ تصل الدقة فيها حتى إلى ppb في قياس تراكيز الرادون ولدياته. ومن الكواشف المستخدمة في هذه الطريقة، كاشف CR-39 و type II LR-115 والماكر وفول PM-355. يجري تطبيق هذه الطريقة بمترين؛ الأولى تكون فيها الكواشف مكسوفة عند التشيع حيث يتم تعريض الكاشف للهواء وبذلك تتمكن جسيمات الفا المنبعثة من الرادون ومن جميع العناصر المشعة الموجودة في الهواء من الاصطدام بالكاشف تاركة فيه آثاراً على شكل مناطق المغلقة. أما في التقنية الثانية فيتم وضع الكواشف في حمرات انتشار مغلقة Sealed Diffusion Chamber ذات شكل اسطواني أو شبه مخروطي، إذ توضع الكواشف بصورة مواجهة للعينة المراد قياس تراكيز الرادون فيها وتغلق بإحكام لمنع تسرب أو تبادل الهواء مع المحيط. وبعد انتشار غاز الرادون داخل الحجرة ينحل باعثاً جسيمات الفا وحصول حالة توازن بينه وبين ولدياته يتم السماح للكاشف بالتعرض للعينة وان نسبة ترسّب ولديات الرادون على جدران الحجرة تعتمد على ابعد (نصف قطر وارتفاع) تلك الحمرات. لقد وجد أن أقل نسبة لولديات الرادون هي عندما يكون نصف قطر الحجرة الاسطوانية بحدود 1.4 cm وان افضل ابعد لمنظومة التشيع هي عندما تكون المسافة بين سطح العينة والكاشف اكبر من 7 cm (Barillon *et al.*, 1991)

عن التورون تشكل بحدود 60% - (55%)، لذا من الضروري عند قياس الرادون العمل على منع وصول التورون إلى الكاشف. إن الرادون والتورون هما نظيران للعنصر نفسه (ولكنهما يعودان إلى سلسلتي اتحلال مختلفتين)، فان فصلهما عن بعضهما يمكن ان يتم فقط على اساس الاختلاف الكبير في معدلات التحلل لكل منهما ويمكن إهمال وجود التورون عن طريق إعاقة انتشاره من خلال استخدام غشاء بوليمرى او طبقة رقيقة من الرمل او على اساس المسافة بين الكاشف والعينة. وكذلك يمكن التمييز بين الرادون والتورون عن طريق الآثار المتكونة بوساطة جسيمات الفا المنبعثة منها إذ ان الاقطار العائنة للرادون تكون اكبر من الآثار العائنة للتورون لأن طاقة جسيمات الفا المنبعثة من التورون MeV 6.29 اكبر من معدل طاقة جسيمات الفا المنبعثة من الرادون MeV 5.485 .

5.4.1 الهدف من البحث

إن هدف الدراسة الحالية هو تحديد تراكيز اليورانيوم المنصب في عينات من بقايا ومخلفات الدبابات والمعدات العسكرية التي تعرضت للقصف في حرب الخليج الثانية وذلك باستخدام تقنيتي كاشف الآثر النووي CR-39 وكاشف الجermanيوم عالي النقاوة HPGe . كما هدفت الدراسة إلى الكشف والتاكيد على احتواء القاذف على اليورانيوم المنصب من خلال تحديد تراكيز اليورانيوم فيها ومقارنتها مع الخلية الإشعاعية.

احتوت الرسالة على خمس فصول، إشتمل الفصل الأول على التلوث باليورانيوم المنصب، والفصل الثاني على الدراسات السابقة وكواشف الآثر النووي. إما الفصل الثالث فقد تطرق إلى كواشف أشعة كاما، والفصل الرابع احتوى على الجزء العملي والحسابات، إما النتائج والمناقشة فقد ذكرت في الفصل الخامس .

الفصل الثاني
الدراسات السابقة
وكواشف الاثر النووي

الفصل الثاني

استعراض الدراسات السابقة

1.2 استعراض الدراسات السابقة لاستخدام كاشف CR-39

إن مبدأ الكواشف الصلبة قد اكتشف من قبل العالم يوناك في عام 1958 والذي كان يعمل في أبحاث الطاقة الذرية في بريطانيا إذ لاحظ أن بلورة فلوريد الليتيوم إذا وضعت بتماس مع رقائق اليورانيوم وعرضت للنيترونات الحرارية فإن عدداً من الآثار تظهر عليها بعد معاملتها بال محليل الكيميائي (Tsuruta, 2002). وقد شاهد العالمان (Silk and Barnes, 1959) الآثار المختلفة على مادة كواشف المايكا نتيجة لشظايا الانشطار المتولدة عند تعرض هذه الكواشف لنيترونات الحرارية تكون لها مطالية بطبقة من اليورانيوم. وقد طور (Fleicher *et al.*, 1965) ما توصل إليه Silk and Barnes وقدموا نوعاً جديداً من الكواشف سميت بكواشف الآثار النووية الصلبة (Solid State Nuclear Track Detectors, SSNTD's) وبينوا أن نواتج الانشطار في المايكا يمكن إظهارها بواسطة عملية القسط بمحلول HF وملاحظة الآثار بالمجهر البصري. لقد بين (Price and Walker, 1962) و (Fleicher *et al.*, 1965) إمكانية استخدام SSNTD's كمتراع نيتروني باستخدام المايكا والزجاج والبولي كاربونات كمواد كاشفة. وقد نشر بيكر عام (1966) بحثاً عن استخدام فوسفات الزجاج المصنوعة من قبل شركة توشيبا اليابانية المحدودة كمقاييس جرع زجاجي متغّلّور (Tsuruta, 2002).

لقد استخدمت الكواشف في العديد من المجالات التطبيقية وبخاصة في إيجاد تراكيز في الكثير من المجالات (مواد غذائية، أتربة، مياه، الخ) ومن ثم تم إيجاد تراكيز اليورانيوم لمعرفة مدى الاخطار المحدقة بالحياة والبيئة. فقد أجرى (Fleicher and Morgen - Compero, 1978) مسحاً لتراكيز الرادون المنبعث من سطح الأرض وذلك لتحديد هجرة الغازات ولمسافات طويلة باستخدام الكاشف CR-39 وبطريقة تقنية الحجر المخروطية والاستفادة من النتائج كإشارة أو إنذار للتبيؤ بحدوث الزلازل وكذلك الكشف عن اليورانيوم ، فيما درس (Abu jarad and Fremlin, 1980) نشاط جسيمات الفا داخل البيوت باستخدام تقنيتين مختلفتين وهما جامع الهواء Air Sampler وتقنية القدر Can Technique وذلك باستخدام كاشفي الآثار CR-39 ونترات السليلوز LR-115.

اما (Khan *et al.*, 1980) فقد انجروا دراسة تجريبية للكشف عن الرادون باستخدام كواشف الآثار النووية من أجل البحث عن اليورانيوم باستخدام تقنية الحجر الاسطوانية وذكروا

العوامل التي يجب الأخذ بها عند إجراء مثل هذا النوع من الدراسات حيث لخصوا هذه العوامل بتأثير الأبعاد الهندسية وموقع الكاشف وتأثير زمن التعرض والظروف البيئية على عدد الآثار المسجلة. وقد قام (Geraldo and Tanak, 1980) من البرازيل بتسجيل سطحياً الإنططار بإستخدام كاشف الماكروفول الصلب Macrofol KG لتقدير تركيز اليورانيوم في نماذج عديدة من الماء والشعر والإدرار والنماذج النباتية.

لقد توصل كل من (Khan *et al.*, 1988) و (Chakarvarti and Nand Lal, 1980) و (Henshaw and Allen, 1994) وبوساطة الكشف البصري لآثار الإشعاع في كواشف الآثر النووي الصلبة إلى إيجاد التراكيز الفعالة لليورانيوم الموجودة في عينات مختلفة من الأتربة ومياه معدنية وفي التبغ والشاي ومسحوق تنظيف الأسنان. وكذلك استطاع (Khan *et al.*, 1988) أيضاً إجراء دراسة لتحديد محتوى الرادون في عينات من التبغ والشاي ومساحيق تنظيف الأسنان بإستخدام الكاشف CR-39 وباعتماد تقنية القدر، إذ وجد أن محتوى الرادون بحدود mBq/l (14.6 - 89.91) للتبغ و mBq/l (27.38 - 41.81) للشاي وبحدود mBq/l (26.27 - 41.3) لمساحيق تنظيف الأسنان. فيما قام كل من (Tell *et al.*, 1994) و (Jonsson, 1991) و (Sinch and Vrk, 1987) بتحديد تركيز الرادون في الأبنية الداخلية والأتربة وصخور الأديم Bedrocks في السويد بإستخدام كواشف الآثر النووي (LR-115, CR-39) وقد أظهرت النتائج إن التركيز يعتمد على الخصوبة والإرتفاع عن مستوى سطح الأرض واتجاه الريح والمواد الموجودة في العينات المدروسة. كما استخدم كل من (Barillon *et al.*, 1991) كاشف الآثر CR-39 و (LR-115) أيضاً لقياس انبعاث الرادون فضلاً عن تقنية العداد الوميضي إذ تمكّن الباحثون من تحديد مستويات الرادون في مدينة lamalou les bains في فرنسا.

لقد وجد (Abu Murad *et al.*, 1994) أن معدل تركيز غاز الرادون داخل المساكن في بعض مناطقالأردن يساوي Bq/m^3 5.33 باستخدام كاشف CR-39. واستخدم (محيميد وسلیمان، 1995) كاشف الآثر CR-39 في التمييز بين الطاقات المختلفة لجسم مات الفا المنبعثة من مصدر الامریشیوم ^{241}Am والمودنة باستخدام الواح من الالمنیوم المختلفة الاسماك. تم قام (الجميلي، 1996) بالكشف عن اليورانيوم المنصب في اتربة اخذت من موقع عمليات ام المعارك (حرب الخليج الثانية)، إذ تم تحديد نسبة تركيز اليورانيوم من خلال تحديد الرادون Rn^{222} باعتماد الكاشف CR-39 واستخدام تقنية انبیب الاختبار. لقد اشارت النتائج التي تم الحصول عليها ان هناك زيادة ملحوظة في تركيز اليورانيوم في موقعی محافظتي

المتى ppm 15.6 وذى قار ppm 26.4 إد كانت قوات الحرس الجمهوري متتركزة في هاتين المحافظتين، في حين وجد ان معدل تركيز اليورانيوم في بقية المواقع تقربيا بحدود ppm 6.73.

كما قام (النعمي، 1997) بإيجاد تركيز اليورانيوم من خلال إيجاد تركيز الرادون في الصخور المستخدمة في تصنيع السمنت العراقي في محافظة نينوى والماخوذة من مقاعع سنجر وحمام العليل وبادوش باستخدام الكاشف CR-39 وقد وجد ان تركيز اليورانيوم لمقاعع سنجر ppm 1.25 اكبر من تركيزه في مقاعي بادوش وحمام العليل ppm 0.31,0.2 على التوالي.

وقام (الجزراوي، 1999) بتحديد تركيز الرادون في انواع مختلفة من التبوع المحلية والاجنبية باستخدام الكاشف CR-39 واستخدام حجرات اسطوانية الشكل باعتماد طريقة الفياس طويلة الامد، وقد اظهرت النتائج ان محتوى الرادون في التبوع المحلية يتراوح Bq/m^3 123.2 - 72.28 اما محتوى الرادون في تبوع السكان الاجنبية فقد تراوح بين Bq/m^3 (38.41 - 227.92).

ولتحديد تركيز الرادون في انواع مختلفة من الشاي المستورد والمستخدم في الاسواق المحلية في مدينة الموصل في العراق باستخدام كاشف CR-39 فقد وجد (الجبوري، 1999) ان محتوى الرادون في انواع العينات المستخدمة كان بحدود Bq/m^3 (24 - 51) بينما كان محتوى الراديوم يقرب من Bq/Kgm (0.051 - 0.111) وقد تم اختبار بعض العينات بعد غلي الشاي واظهرت النتائج ان تركيز غاز الرادون كان بحدود Bq/m^3 (32 - 42) ومحنوى الراديوم كان بحدود Bq/Kgm (0.01 - 0.14).

وفي المؤتمر الخاص بالكاشف الصلبة (Nuclear Tracks in Solids) نشر الباحثون (Sadowska *et al.*, 2000) بحثا عن إمكانية استخدام كاشف الاتر النووي CR-39 لتسجيل آثار ايونات الليتيوم ذات الطاقة الوطنية وذلك باستخدام معجل لرفع طاقة الايون إلى keV 25 لكي يتم تسجيله في هذا الكاشف لأن له القدرة على تسجيل الطاقات الاعلى من keV 20 تقربيا وبذلك تمكنا من توسيع استجابة الكاشف. وفي المؤتمر نفسه قام كل من (Virk and Srivastava, 2000) بنشر بحث عن تغيير او تحويل الاستجابة البصرية والكيمياوية والتركيبيه لكاشف CR-39 المشع بایونات الليتيوم keV 50 إد ذكرروا فيه ان التشيع في البوليمرات يحطم التركيب الابتدائي بكسر وشق الاواصر الرابطة وإنبعاث الذرات والجزيئات وهذا يقود إلى تغيير في الخواص مثل الكثافة والتوصيلية والإمتصاص البصري وتوزيع الوزن الجزيئي وقابلية الدوبان.

لقد تمكّن كل من (Flesch *et al.*, 2001) من استخدام كاشف CR-39 وذلك بتحديد مسار وشحنة الايون وشظاياه في الكاشف باستخدام ايونات السليكون بطاقة MeV 490 . كما اشار (Barioni *et al.*, 2001) إلى تحديد تركيز اليورانيوم في اغذية مدينة ساوباولو في السويد إلى ان الإنسان يستطيع التعامل مع الإشعاع إما داخلياً أو خارجياً عن طريق الهضم او الاستنشاق للمواد المُسعة او نوافتها. فقد تم حساب تركيز اليورانيوم في مدينة ساوباولو باستخدام تقنية الانشطار وذلك بتقسيم بعض عينات من الأغذية بالنيترونات من مفاعل (IEAR-1) وتسجيل الآثار الناتجة عن انشطار اليورانيوم باستخدام كاشف الماكروفول E وحسابها بواسطة مجهر بصري. وقد استنتجوا ان الرز والحس هي من الأغذية التي تحتوي على تركيز عالٍ من اليورانيوم .

2.2 استعراض الدراسات السابقة لطريقه تحليل طيف اشعه كاما

نشر كل من (Saleh and Meqwar, 1995) بحثاً تناول موضوع التأثيرات الناجمة عن إستخدام قدائف اليورانيوم المنصب من قبل قوات التحالف على الكائنات الحية وطبقات الجو في المنطقة الجنوبية من العراق. وقد تم اختيار ستة مواقع لدراسة معدل التعرض الخارجي لإشعاع كاما، وهذه المواقع هي (البصرة والزبير وصفوان وجبل سنم وحقلي الرميلة الشمالي والجنوبي). حيث جمعت 154 عينة بايولوجية (نبات، انسجة حيوانية) و 128 عينة ترابية و 60 عينة ماء من تلك المناطق. وقد تم استخدام تحليلات طيف اشعة كاما للعينات النباتية التي اشارت إلى وجود بعض نظائر اليورانيوم ^{238}U 36.4 % في النمادج التي جمعت من منطقة الدراسة. بعض العينات النباتية الشادة بينت انها تحمل تراكيز عالية من ^{234}Th و ^{226}Ra . وإن اقل ترکیز للراديوم والتوريوم كان بحدود Bq/Kgm (62, 28) على التوالی، وان اعلى ترکیز كان Bq/Kgm (275, 249). في حين عینات اخری لوّت بالبزموم ^{214}Bi وبالبولونيوم ^{214}Po وبتركيز من (3 - 1) مرّة اعلى من الخلفية الإشعاعية.

اما (Al-Azzawi *etal.*, 1999) فقد قام بقياس الارتفاع في إشعاعية بعض المناطق المختاره للدراسة في المنطقة الجنوبية من العراق وهو (صفوان والزبير وجبل سنم وحقلي الرميلة الشمالي والجنوبي). إذ تم جمع عينات من التربة والماء والأنسجة الحيوانية والنباتية وقد انجزت التحليلات والقياسات في مختبر قسم علم الإشعاع البيئي في منظمة الطاقة الذرية باستخدام تقنية تحليل طيف اشعة كاما بكاشف الجرمانيوم عالي النقاوة HPGe إذ وجد ان هنالك زيادة في ترکیز نظير التوريوم ^{234}Th يصل إلى Bq/Kgm 65200 وفي التربة المحيطة بالدبابات المدمرة بأسلحة اليورانيوم المنصب ووجد ان مستويات الراديوم ^{226}Ra لخمس عینات من التربة هي اعلى من مستوى الخلفية الإشعاعية إذ تتراوح بين Bq/Kgm (36205 - 995) وبعض النمادج وجد فيها ترکیز ^{214}Pb و ^{214}Bi اعلى بثلاث مرات من المستويات الطبيعية.

كما قام مجموعة من الباحثين في قسم الفيزياء بكلية العلوم في جامعة نوفي ساد في يوغسلافيا (Bikit *etal.*, 2001) بتحديد تراكيز اليورانيوم المنصب لمجموعة من النمادج البيئية في مختبر نوفي ساد للتحليلات ذات المستوى الواطئ، إذ تم تحليل مائة عينة بيئية (تربة، نباتات، ماء، طعام) جمعت بعد الحرب في يوغسلافيا سنة 2001. وقد تم قياس النوى المشعة في هذه العينات بوساطة القطب الكهربائي المعكوس GMX وكاشف نوع HPGe مصنوع من قبل ORTEC وبكفاءة محسنة تحت keV 100 إن الكفاءة الذاتية لهذا

الكافش بحدود % 32 وقدرة الفصل حوالي keV 1.9 ولهذا الكافش طبقة رقيقة من الحديد على السطح الخارجي ونافدة دخول من البريليوم. وقد تم معايرة هذا الكافش باستخدام مصدر مشع معلوم وبشكل اسطواني. إن المحتوى الواطئ لـ ^{235}U في اليورانيوم المنصب يمكن ان يكشف بمطياف اشعة كما و ذلك بتحديد النسبة بين $(^{238}U / ^{235}U)$. إذ ان نسبة الـ ^{235}U اليورانيوم المنصب تكون اقل من نسبته في اليورانيوم الطبيعي، وان الانخفاض في هذه النسبة $(^{238}U / ^{235}U)$ يدل على وجود اليورانيوم المنصب. ان العمليات النووية والكميداوية للاليورانيوم الطبيعي تحطم التوازن الإشعاعي بين ^{238}U و ^{226}Ra . وان الفرق بالفعالية او الإخلال بالتركيز يعطي تركيز الفعالية لليورانيوم المنصب.

$$A(U^{238}) - A(Ra^{226}) = A(DU)$$

وقد بيّنت النتائج غياب اليورانيوم المنصب في العينات التي اخذت من منطقة نوفي ساد وان العينات الملوثة باليورانيوم المنصب كانت كلها من الجزء الجنوبي من صربيا .

وقام كل من (Gavshin & Miroshnichenko, 2000) الباحثان في المؤسسة المتحدة للجيولوجيا والتعدين في روسيا بقياس تركيز اليورانيوم في الفحم الحجري الاسمر تحت الصخور النارية في (Kansk, Achinsk Basin, West Siberia) باستخدام تقنية العداد الوميضي وتحليل طيف اشعة كما لهذه العينات. وقد بيّنت النتائج ان محتوى اليورانيوم في هذه العينات يزداد تدريجيا من $3.9 \mu g/gm$ في القاع الى $35 \mu g/gm$ قرب السطح اما في العينات الطينية فقد وجد ان تركيز اليورانيوم يتراوح بين $\mu g/gm$ (500 - 800) عند السطح ويقل تدريجيا إلى $\mu g/gm$ 20 عند عمق 1 m .

كما اشار عدد من الباحثين في قسم الهندسة النووية في اليونان (Anagnostakis *et al.*, 2001) في بحثهم عن تحديد تركيز اليورانيوم المنصب في العينات البيئية باستخدام مطيافية اشعة كما الى ان استخدام اليورانيوم المنصب DU في عمليات عسكرية يسبب تلوث في المنطقة المستهدفة يعود الى انتشار اليورانيوم المنصب في البيئة إذ ان نسب نظائر اليورانيوم في اليورانيوم المنصب تختلف عن النسب الطبيعية في اليورانيوم الطبيعي فان الدليل الوحيد على التلوث باليورانيوم المنصب هو الإخلال في النسب الطبيعية للنظائر المختلفة وهي ^{238}U و ^{235}U مع إهمال النظير ^{234}U (0.006 %) وان دراسة مثل هذا التحديد الدقيق لنسب ^{238}U و ^{235}U يكون ضروريا. إن قسم الهندسة النووية في الجامعة التقنية الوطنية في اثينا في اليونان NES - NTVA - (The Nuclear Engineering Section of the National University of Athens) استخدم كواشف جرمانيوم ذات قدرة فصل عالية لقياس الطاقات الواطئ LEGe واستخدم تقنيات

تحليل اطیاف اشعة كاما من اجل تحديد ^{238}U و ^{235}U وبالتالي تحديد النسب النظائرية لنظائر اليورانيوم في العينات. لقد تم تحديد نسب ^{235}U من تحليل الدرة الضوئية المضاعفة عند الطاقة 186 keV . إن اليورانيوم المنصب المقاس بهذه الطريقة يعطي نشاطاً ^{238}U الموجود في DU على حوالي 90% من النشاط الاشعاعي لـ ^{238}U الموجود في عينة من اليورانيوم الطبيعي. ان التحليل الذي جرى من قبل (NES-NTVA) لعينات اتربة من سطح الارض جمعت بعذائية قبل تبدد (انتشار) اليورانيوم المنصب في كوسوفو Kosovo اعطى الدليل ان كوسوفو هي من المناطق ذات الخلفية الإشعاعية الطبيعية العالية، مع التأكيد بشكل واضح على وجود اختلاف فيما تحتويه الاتربة السطحية من محتويات اليورانيوم الطبيعي، وان النشاط الاشعاعي لـ ^{238}U يصل إلى Bq/Kgm 330. كما يمكن الإشارة الى ان الإخراج disturbance في توازن النشاط الاشعاعي بين نويدات سلسة اليورانيوم غالباً ما تتم ملاحظته نتيجة لعملية الترشيح Leaching وللظروف المناخية Weathering وبنسبة فعالية إشعاعية لـ ^{226}Ra و ^{238}U تتراوح بين (0.17 - 5.5). وبعد العمليات العسكرية في كوسوفو تم تحليل عينات من الاتربة السطحية ونمادج من الحياة النباتية Vegetation فضلاً عن قدائف اليورانيوم المنصب الاختراقية DU Penterators (NES-NTVA). وقد وجد ان بعض الاتربة التي جمعت (اختيرت) حول وفي الاماكن القريبة من الحفرة التي احدثتها هذه القدائف الاختراقية وحولها قد تلوّنت باليورانيوم المنصب، إذ زاد النشاط الاشعاعي إلى اكثر من 2000 Bq/Kgm وزادت نسبة ($^{226}\text{Ra} / ^{238}\text{U}$) لتصل الى قيمة مساوية الى 10. إن النسب النظائرية لنظائر اليورانيوم قد تغيرت بدرجة كبيرة وملحوظة، وقد سمح ذلك بتحديد النسبة النظائرية (الوفرة النظائرية) Isotope abundance ^{235}U DU المتبددة وكانت حوالي 0.2% والتي تتفق بدرجة كبيرة مع القيم ذات الصلة الموجودة في النشريات الخاصة بقدائف DU الاختراقية.

كما نشرت مجلة (LLRC Journal Radioactive Times) موضوعاً عن العراق باسم (Hot News From Iraq) ذكرت فيه قيام الباحث (Busby,2001) وممثل وزارة الدفاع العراقية اللواء عبد الوهاب الجبوري ومراسل قناة الجزيرة الفضائية بزيارة المنطقة الجنوبية من العراق للتعرف على حجم المخاطر المتأتية من استخدام قدائف اليورانيوم المنصب من قبل قوات التحالف في حرب الخليج وقياس مستوى الاشعاع في تلك المناطق. وقد انجزت هذه القياسات باستخدام جهاز دقيق ذو عدد رقمي ومعالجة كومبيوتورية دقيقة ومتكلمة مع (Dp2/449sq.cm) مادة وميضية ثنائية الفسفور تم معایيرتها على مصدر الاميريشيوم ^{241}Am الباعث لجسيمات الفا بكفاءة.

33 % عند الطاقة MeV 5.5 وعنصر الستروننيوم Sr^{90} الباعث لجسيمات بيّتا، إن لهذا النظام القدرة على التمييز بين جسيمات الفا وبيّتا واسعة كاما. وقد تم اختيار بعض الدبابات المدمرة والتي حدّت فيها فجوة بسبب القاذف الاختراقي من نوع mm (14.7) (A-10) وان قطر هذه الفجوة في درع الدبابة كان mm 70. المادة المحيطة بهذه الفجوة كانت ذات إشعاعية عالية باعثة جسيمات بيّتا بفاعلية تقارب من CpS 2000 مكافئة لجرعة مقدارها 8 mSv/h . وهذا يعود الى انحلال ولادات النظائر الباعثة لجسيمات بيّتا Pa^{234} و Th^{234} . إن معدل العد لجسيمات الفا في ساحة المعركة كان أعلى من معدل العد في منطقة البصرة بعامل مساوٍ الى 10 مرات تقريباً. حيث كان معدل العد في المنطقة القريبة من مجرى شط العرب مساوٍ إلى CpS (0.02 - 0.01). بينما في منطقة الصحراء كان CpS (0.18 - 0.1 - 0.01). وبمعدل CpS 0.13 . وقد وجد ان الفاعلية الإشعاعية كانت عالية جداً في المناطق القريبة من الدبابات المدمرة. إذ اخذت هذه القياسات لفترة متكاملة مساوية الى نصف ساعة لكل المناطق. أما القياسات التي اخذت للترية القريبة من هذه الدبابات فقد بينت ان هناك مسحوق اسود يغطي سطح الدبابة وبإشعاعية تقدر بـ CpS 26 لجسيمات بيّتا. وان بعض الدبابات قد احيطت بتربة ذات إشعاع عالي يصل إلى Cps 16000 لجسيمات بيّتا مصحوبة بقطع من مواد صفراء اللون صغيرة الحجم منتشرة في الرمل، إذ لم يتم تشخيص هذه المواد لحد الان.

Solid State Nuclear Track Detectors

3.2 كواشف الآثار النووي الصلبة

تختلف اجهزة الكشف عن الاشعة الكهرومغناطيسية باختلاف نوع الإشعاع والتاثير الذي يحدث في هذه الكواشف. فمنها الكواشف الغازية وتشتمل على ثلاثة انواع رئيسة وهي كشاف حجرة التاين Ionization chamber detector وكشاف التناسب Proportional detector وعدد كايكر ميلر Geiger – Muller counter وان مبدأ عمل هذه الكواشف يستند على التاين الذي يحدث للغاز في الكاشف نتيجة لعرضه للجسيمات المشحونة. ومن اجهزة الكشف الاخرى عن الجسيمات المشحونة هو العداد الوميضي Scintillation counter الذي يعمل على مبدأ تحويل الطاقة الحركية للجسيمات إلى مضات ضوئية وذلك بالاعتماد على خواص المواد العضوية او غير العضوية لمادة الكاشف التي تقوم بإطلاق مضات ضوئية عندما تسقط عليها الجسيمات المشحونة. وهناك ايضاً كواشف اشباه الموصلات Semiconductor detectors التي تعمل وفق مبدأ إنتاج ازواج من الإلكترونات والفجوات نتيجة لسقوط الجسيمات المشحونة على منطقة الاستزاف لهذه الكواشف كما في كاشف الحاجز السطحي - Surface Barrier detector (Durrani and Bull, 1987) والتي تعد من الكواشف الجيدة للكشف عن جسيمات (عزوز، 1982).

وقد ظهرت في الاونة الاخيرة كواشف الآثار النووي الصلبة والتي هي مواد صلبة عازلة كهربائيا لها القابلية على حزن تأثير الإشعاعات الجسيمية المؤينة على شكل تلف (ضرر) في تركيبها الداخلي والاحتفاظ بها لفترات طويلة. إذ يمكن مشاهدة مناطق التلف اما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة او باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها ببعض المحاليل الكيميائية القاسطة. حيث إن هذه المواد القاسطة تهاجم المناطق التي تعرضت للإشعاع (المناطق التالفة) بمعدل اكبر من المناطق السليمة لأن هذه المناطق اكثر هشاشة من المناطق التي لم تتعرض للإشعاع لامتلاكها طاقة حرارة اكبر من المناطق السليمة بسبب سقوط الجسيمات المشحونة عليها. إذ يزداد معدل مهاجمة المواد الكيميائية للمادة كلما قل وزنها الجزيئي مما يؤدي إلى دegrade بشكل كبير.

إن هذه المواد الكاشفة تستطيع الكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة والتي كتلتها اكبر من كتلة الإلكترونات مثل البروتونات وجسيمات الفا وشظايا الانشطار وكذلك لها القابلية على الكشف عن النيترونات من خلال قياس الآثار التي تحدثها البروتونات المرتدة عن سقوط النيترونات على تلك الكواشف (عمر، 1999).

لقد اتسعت وتعددت مجالات استخدام كواشف الآثار النووية الصلبة بشكل كبير لما تمتلكه من خصائص وميزات اهمها :

1 - سهولة استعمالها وانخفاض كلفتها، كما ان عملية قسط الآثار وإظهارها عملية سهلة (Khan and Qureshi, 1996)

2 - عدم الحاجة إلى مصدر للطاقة الكهربائية مما يجعلها مناسبة تماما لعمليات يتعذر استخدام الأجهزة الإلكترونية فيها ،كقلب المفاعل النووي والابحاث الفضائية والكشف عن المستويات المنخفضة من الإشعاع وفترات زمنية طويلة (نجم، 1997).

3 - لها القابلية على الاحتفاظ بالآثار عند خزنها لمدة طويلة من الزمن عند الدرجات الحرارية الاعتيادية او درجة حرارة الغرفة، وبالمقابل فإن الدرجات الحرارية العالية تعمل على تلاشي عدد من الآثار المترسبة في هذه المواد مما يؤدي إلى نقصان عددها (الكعبي، 1990).

4 - لها حساسية وكفاءة عالية قد تصل إلى % 100 كما في المايكا والكواشف البلاستيكية لذا فهي تستخدم في قياس الدفق النبوري او لقياس الجرع النبوري وذلك بقياس الآثار التي تخلفها البروتونات المرئية عن النبوريات او عن طريق جسيمات الفا الناتجة عن استخدام التفاعل (Tsuruta, 2002) (n, α) .

5 - لا تذوب في المحاليل الكيميائية بسبب تجانسها وتناظرها العاليين إذ ان المحاليل الكيميائية القاسطة لا تستطيع إذابتها ولكنها يمكن ان تقلل من سمكها عن طريق عملية التحلل (Yadov *et al.*, 1980) Degradation .

6 - لها القابلية على قياس مدى عالي من الجرعات.

7 - دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها من هذه الكواشف وسهولة تحليلها ولذلك استخدمت كمجربي شخصية لقياس الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان وكذلك استخدمت في الأقمار الصناعية.

8 - إن الجسيمات الثقيلة المشحونة كشظايا الانسياط النووي يمكن تسجيلها وتمييزها عن الجسيمات المشحونة الخفيفة مثل (^4He , ^3He , ^2H , ^1H) والنبيتونات باستخدام هذه الكواشف .

إن الخصائص العملية لهذه الكواشف مثل توافرها وسهولة استخدامها وانخفاض كلفتها ادت إلى استخدامها بشكل كبير في الكثير من المختبرات ومن قبل العديد من الباحثين وفي مجالات تطبيقية مختلفة منها استخدامها في مجال الفيزياء النووية، وفيزياء البلازما (Szydlowski *et al.*, 1999)، وفيزياء الأرض (Fleischer *et al.*, 1975)، كما استخدمت في مجال الطب وعلوم الحياة (Durante *et al.*, 1996)، ومجال فيزياء الفلك وعلم الفضاء ودراسة

الأشعة الكونية القادمة من أعماق الفضاء إلى جو الأرض كما تعد من الأدوات المهمة في رصد الزلازل والبحث عن الإشارات التحذيرية من الاهتزاز الأرضية (Planinic *et al.*, 2000) (Papa stefanon *et al.*, 1995).

1.3.2 انواع كواشف الأثر النووي الصلبة

نقسم كواشف الأثر النووي إلى قسمين رئيسيين هما الكواشف اللاعضوية والكواشف العضوية فالكواشف اللاعضوية هي التي لا يدخل في تركيبها عنصري الكarbon والهيدروجين، ومن ابرز انواع هذه الكواشف المايكا، إذ يستخدم لتسجيل اثار النيترونات وشظايا الانشطار ويتميز بحساسيته العالية للدقائق المشحونة ذات الكتلة الاكبر من amu 30 ويتميز باستقراره العالي عند تسجيله للدقائق المشحونة حتى درجة الحرارة C^0 400 فضلاً عن ان كاشف المايكا يحتوي على درات اليورانيوم والتاليوم بتركيز $(10^{-8} - 10^{-10})$ مما يسبب خلفية إشعاعية عالية بعد القسطط إذ يستخدم محلول حامض الهيدروفلوريك HF بتركيز % 48 ودرجة حرارة بحدود C^0 (25 - 20) في عملية القسطط (Durrani and Bull, 1987). أما كاشف الزجاج فإنه يعد من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيترونات وبخاصة في المفاعلات النووية وذلك لتحمله درجات الحرارة العالية وقابليته على تحسن شظايا الانشطار ويتميز بنفس الموصفات التي يمتلكها المايكا ويتم إظهار الآثار بالطريقة نفسها كما للمايكا (عمر ، 1999).

اما الكواشف العضوية وهي عبارة عن مواد بوليمرية، والبوليمرات هي جزيئات كبيرة مكونة من وحدات صغيرة متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى مونومر Monomer وتتكون وحدات المونومر في معظم اللدائن من درات مرتبطة مع بعضها باصرة تساهمية تغلب عليها اصرة هيدروجين كarbon (H-C) وتشتمل البوليمرات العضوية على مركبات تحتوي فضلاً عن درات الكarbon والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين على الكبريت والهالوجينات مع العلم ان اغلب الاوامر التي ترتبط بين هذه الدرات تكون سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع (محمد، 1993) (سعيد، 1983).

إن من ابرز انواع الكواشف العضوية هي الكواشف السليلوزية إذ تتضمن انواعاً متعددة منها نترات السليلوز (CN-85) واسيتات السليلوز (CA-80-15) و(LR-115) بانواعه المختلفة وتحتاز هذه الكواشف باحتواها على النتروجين في تركيبها الكيميائي فكافش نترات السليلوز (CN-85) تركيبة الكيميائي $(C_6 H_{18} O_5 N_2)_n$ وتعد اسيتات السليلوز من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيترونات والجسيمات المشحونة مثل البروتونات وجسيمات الفا وشظايا الانشطار والآيونات الثقيلة (نجم، 1997). ويبلغ سمك هذه الكواشف μm 100 ويطلق من جانبيه بطبيعة

رقيقة من رابع بورات الليتيوم (LiB_4) القابل للذوبان بالماء. وتكون اهمية وجود عنصرى البور ون B^{10} والليتيوم ^6Li في كونهما يمتلكان مقاطع عرضية كبيرة للتفاعل مع النيترونات البطيئة ويستخدم هيدروكسيد الصوديوم NaOH بعياريه 4N درجة حرارة 50°C ولمدة 50hrs (3 - 4) لقسط هذه الانواع من الكواشف.

اما الكاشف LR-115 وتركيبه الكيميائي $\text{C}_{12}\text{H}_7\text{O}_{16}\text{N}_3$ يكون على انواع عده وهي LR-115I و LR-115II و LR-115IB و LR-115II و B (LR-115IB و LR-115II) ويقرب سماكه من μm (12-13) ويكون من طبقة رقيقة من نترات السليولوز متتبة على شريحة اكبر سماكة من البوليستر. يتم قسط هذا الكاشف باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH بعياريه 2.5N درجة حرارة 60°C ولمدة 5hrs ، ويستخدم هذا الكاشف لقياس جرع النيترونات الحرارية والنيترونات السريعة وجسيمات الفا ويستخدم II LR-115 II في حساب تراكيز الرادون والبيورانيوم في التربة والماء وداخل المنازل والعينات الجيولوجية .(Nickolaev and Ilic, 1999)

بعد كاشف الماكر وفول من الكواشف العضوية ايضا وهو عبارة عن بولي كاربونيت Ploy Carbonate وله التركيب الكيميائي $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3\text{n}$ ويقرب سماكه من μm 300 وكتافته 1.2 gm/cm^3 . ولهذا الكاشف سطحان احدهما املس والاخر خشن ويجب ان يكون السطح الاملس مواجها للمصدر المشع وذلك لقلة التشوهدات مما يعطي اثارا واضحة، تتم عملية القسط لهذا الكاشف عادة بمزج 80% من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH 20% من الايتانول عند درجة حرارة 40°C ولمدة 4hrs . وبعد هذا الكاشف من الكواشف الجيدة في تسجيل اثار النيترونات وشظايا الانشطار ويستخدم في معايرة الرادون وقياس تراكيز البيورانيوم .(Barioni et al., 2001)

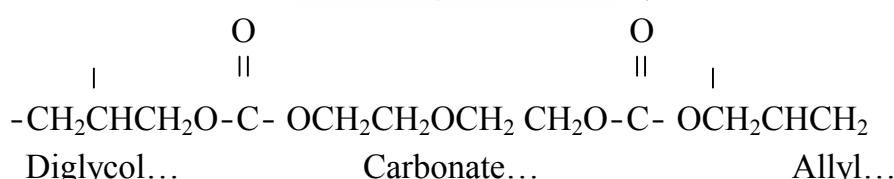
ومن الكواشف العضوية ايضا كاشف الديكسان إذ يستخدم في الكشف عن شظايا الانشطار Fission fragment والجسيمات المشحونة، وتركيبه الكيميائي $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_3\text{n}$ وكتافته 1.2 gm/cm^3 (Tsuruta, 2002) ويشتراك مع الماكر وفول في بعض الخصائص الفيزيائية والكميائية وله القدرة على التمييز بين الايونات الثقيلة، ويمكن الاحتفاظ بالكاشف بعد تشعيشه لفترة طويلة تحت ظروف مختلفة من ضغط وحرارة.

ومن الكواشف العضوية المهمة والتي تستخدم في العديد من المجالات، لما يمتلكه من خصائص كشفية وتسجيلية جيدة للجسيمات المشحونة، الكاشف النووي البلاستيكي الصلب

CR-39 المستخدم في دراستنا الحالية وسننطرق بالتفصيل إلى مواصفات وخصائص هذا الكاشف.

الكاشف CR-39

ظهر الكاشف النووي البلاستيكي الصلب CR-39 المستخدم في دراستنا هذه عام 1978 من قبل (Cartwright and Shirk, 1978). إن CR-39 عبارة عن مادة بوليميرية وهو مختصر من Columbia Resin. يحضر هذا الكاشف من عملية البلمرة لكاربونات الـ Allyl Diacetyl Ploy Allydiglycal Carbonate له الصيغة الجزيئية $(C_{12}H_{18}O_7)_n$ وكثافته الممتددة (Fleischer *et al.*, 1975) 1.32 gm/cm^3



يتميز هذا الكاشف بشفافيته البصرية وحساسيته العالية وتجانس وانتظام تركيبه. لقد انجذت تجارب عدّة من أجل تطوير وتحسين هذا الكاشف، فقد تم إنتاج كاشف متطور من CR-39 هو كاشف SR-86 ذو حساسية أعلى من CR-39 كما تم إنتاج كاشف آخر متتطور أيضاً هو كاشف PM-355 الذي يتميز بحساسيته العالية للكشف عن البروتونات (Szydłowski *et al.*, 1999).

وبشكل عام، فإن كاشف CR-39 يعد من الكواشف الصلبة ذات الحساسية العالية يمات المُسحوننة. ويعزى السبب الرئيسي إلى كون هذا الكاشف بوليمر ذو تركيب عضوي يحتوي على روابط الكاربون في مونومر مادة الكاشف وهذه الروابط ضعيفة نسبياً وتنكسر بسهولة عند تعرضها للإشعاع ولزيادة هذه الحساسية يتم إدخال روابط أضعف من روابط الكاربون إلى تركيبة الشبكي المترابط المقطوع. وبذلك أصبح كاشف CR-39 أكثر انتشاراً من الكواشف الأخرى، ومن أهم الخواص التي يتميز بها :

1 - الشفافية البصرية والنقاوة العاليةين فضلاً عن تجانس مادته Homogenous وتماثل خواصه Isotropic

2 - حساسيته العالية للإشعاع (جسيمات الفا والبروتونات والنيترونات) وبطاقات مختلفة فضلاً عن قابلية في تسجيل آثار البروتونات المرتدة ولمدى واسع من الطاقة (0.1 - 20) MeV (Durrani and Bull, 1987)

3 - القدرة التحليلية العالية High Resolution

5 - لا يتأثر بالعوامل الجوية من درجة حرارة ورطوبة عند خزنه لفترات طويلة تحت الظروف الطبيعية، ولا يذوب في المحاليل الكيميائية القاسطة بل يتحلل من خلال نقصان سمه انتاء عملية القشط.

6 - له استقرارية حرارية Thermost Cross-Linked مترابط المقطع (Barillon *et al.*, 1991) (Amorphous With $\approx 20\%$ Crystalline).

ونظراً للخصائص والمميزات التي يمتلكها الكاشف CR-39 فقد استخدم في الكثير من التطبيقات والعديد من المجالات، منها استخدامه في قياس تراكيز اليورانيوم والرادون والتورون في المنازل وفي مواد البناء وفي التربة (Falk *et al.*, 2001) والمياه والأغذية (Barioni *et al.*, 2001) وفي معاجين الاسنان (عفراوي، 2002) والشاي (الجوري، 1999) والتبوغ (الجزراوي، 1999) والمنظفات (Khan *et al.*, 1988). كما يستخدم في الكشف عن الجسيمات المشحونة كالبروتونات وجسيمات الفا وايونات أخرى (Sadowska *et al.*, 2000). وكذلك في تسجيل الآثار الناتجة عن الاشعة الكونية وإيجاد تراكيز اليورانيوم والتور يوم في النماذج الحيوولوجية وفي حساب تراكيز الراديوم في الاسنان (العباجي، 2000) فضلاً عن حساب تركيز الرصاص pb في اسنان الاطفال (Henshaw and Allen, 1994).

ويعد هذا الكاشف مجساً جيداً للتتبؤ عن الزلازل والهزات الأرضية من خلال قياس مقدار الزيادة في تراكيز غاز الرادون المنبع من التصدعات والشقوق الأرضية الواقعة على خط الزلازل في المدن التي تتعرض للزلازل والهزات (Planinic *et al.*, 2000).

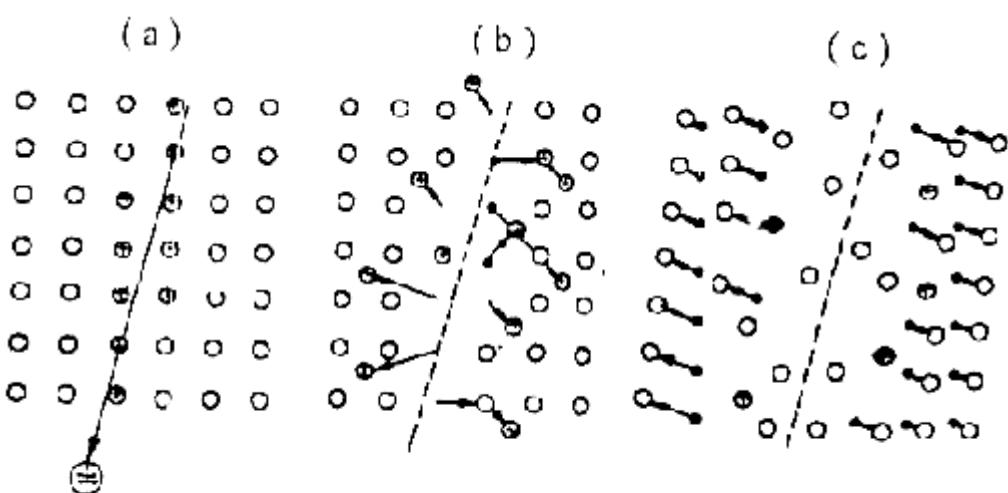
كما يستخدم الكاشف CR-39 كمرشح دقيق إذ تعرض قطعة رقيقة منه لحزمة من شظايا الانسطار وتقطّع بمحلول كيميائي مناسب لفترة زمنية معينة إذ يخترق هذا محلول الآثار الكامنة مكوناً تقوياً دقيقة عبر الكاشف الصلب وبقطر يتراوح بين nm (10 - 30) حيث يستخدم هذا الكاشف الدقيق لفصل الخلايا السرطانية من الدم (Durnate *et al.*, 1994). كما يستخدم الكاشف في التصوير الشعاعي الداتي للجسم بعد حقنه بالنظائر المشعة.

2.3.2 كيفية تكون الآثار

لقد وجد في المواد الصلبة العازلة (جاجية، بلاستيكية) إن الجسيمات المشحونة الثقيلة تنتج آثاراً عند مرورها في تلك المواد ويمكن ملاحظة المناطق الصغيرة التالفة إما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرةً أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها بمادة كيميائية تعمل على حفر وإظهار مناطق التلف المتكونة. وإن نوع وشكل المنطقة التالفة (المتضرة) يعتمد على متغيرات الجسيمات الساقطة (كتلتها وطاقتها وشحنتها) فحسب بل يعتمد على نوع

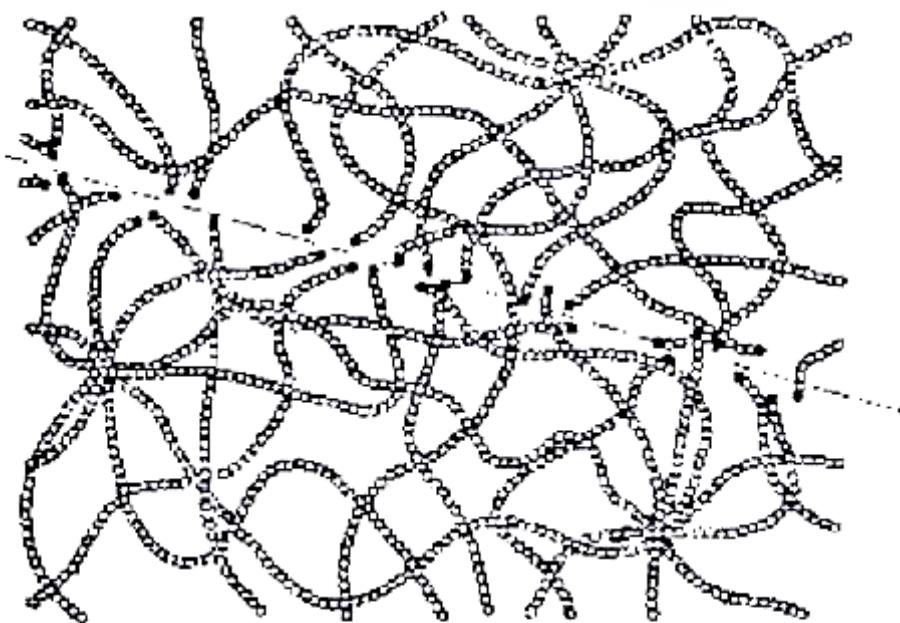
المادة الكاشفة الصلبة (Durrani and Bull, 1987). أما حجم المناطق التالفة فيعتمد فضلاً عن العوامل في اعلاه، على نوع وتركيز ودرجة حرارة المحلول الكيميائي القاشف و زمن القشط. لقد وضع نماذج ونظريات متعددة من قبل العديد من الباحثين لتفصير تكون الآثار في تلك المواد وإن النظرية السائدة لتفصير تكون الآثار في المواد اللاعضوية في منطقة الضرر الأساسية هي نظرية وخزة الانفجار الایوني Ion Explosion Spike والمفترحة من قبل (Fleischer *et al.*, 1965) إذ يتسبب مرور الجسيمات المتآينة في المادة في تكون منطقة تحتوي على تركيز عالي من الايونات الموجبة، علماً أن زمن إعادة اتحاد الايونات الموجبة مع الإلكترونات يكون طويلاً نسبياً بحدود 10^{-13} Sec مقارنة بزمن اهتزاز الشبكة البلورية وإن هذه الايونات تضرب وبشدة الإلكترونات الدرات المتصادمة الواقعة حول المناطق المجاورة لمسارها فتنتج منطقة إسطوانية مليئة بالايونات الموجبة والتي تتنافر مع بعضها البعض بفعل القوة الكهروستاتيكية. فإذا كانت قوة التنافر أكبر من قوة تجاذب درات المادة الصلبة فإنه يحدث تشوه في الشبكة البلورية مخلفاً ورائها قلباً إسطوانيًا فارغاً يمكن مشاهدته مباشرة بالمجهر الإلكتروني أو بالمجهر الضوئي بعد معالجته كيميائياً بعملية القشط.

والشكل (1-2) يمثل تتابع عملية تكون الآثار حيث يمثل (a) عملية دخول الجسيمة الثقيلة المشحونة والتي تولد تأثيراً ابتدائياً للدرات على طول مسار الجسيمة، ويلي هذه العملية مرحلة ترتيب الايونات الحشرية (البنية) والفجوات في موقع الدرات نتيجة لقوة الكولومية الموجودة حول الايونات الابتدائية التي تولدت كما في الشكل (b) وأخيراً تحدث عملية القشط والتهذب (c).



الشكل (٢ - ١) وخزة الانفجار الایوني في تكون الآثار في المواد الصلبة غير العضوية [Fleische: *et al.*, 1975]

اما في البوليمرات والتي هي عبارة عن جزيئات كبيرة تتألف من وحدات متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى المونومير وهذه المونوميرات تكون مرتبطة مع بعضها في معظم اللدائن باصرة تساهمية تغلب عليها اصرة هيدروجين - كاربون (H-C) وهذه الاصررة سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع مما ينتج عنها سلسل بوليميرية صغيرة ذات نهايات فعالة متباينة تسمى الجذور الحرة والتي لها القابلية على التفاعل فيما بينها او مع الدرات الاخرى (محمد، 1993). لذا فإن التأثير الرئيسي للأشعة على البوليمرات هو انحلالها او تشتيط جزيئاتها Cross-Linking بعضها مع بعض، وهذا التأثير يمتد لتغيرات الرئيسية في خواص البوليمير. إن سقوط الإشعاع على هذه البوليمرات يؤدي إلى تهيج هذه الجزيئات وتباينها وبالتالي قطع الروابط Bonds بينها، وإحداث تلف Damage في مادة البوليمير ولا يزول في الظروف الاعتيادية، ويعرف هذا الآثر المخزون بالآثر الكامن Latent Track. إن المناطق التالفة بتأثير الإشعاع المؤين تظهر قابلية أكبر على التفاعل مع المحاليل القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH مقارنة بالمناطق السليمة وذلك بسبب امتلاك المناطق التالفة طاقة أكبر من المناطق السليمة، لذا فإن محلول الكيميائي يخترق المناطق المشععة بسرعة محدثا آثاراً يزداد عمقه ويتسع قطره مع زيادة زمن القشط ويمكن مشاهدة الآثر الكامن (المخزون) للإشعاع المؤين بعد إظهاره تحت المجهر الضوئي، والشكل (2-2) يوضح تأثير الإشعاع على السلسل البوليميرية (عمر ، 1999).



الشكل (2-2) يوضح تأثير الأشعاع على السلسل البوليميرية

(Fliescher, et al., 1975)

الفصل الثالث
کواش ف اشعنة
کاما

1.3 تفاعل اشعة كاما مع المادة

Interaction of Gamma Ray with Matter

إن عملية انبعاث اشعة كاما من النظائر المشعة Radio-Isotope هي إحدى الوسائل التي تتخلص فيها النوى المتهيجة Excited-Nuclei من بعض طاقتها أو كلها وذلك بانتقالها من مستوى عالي للطاقة إلى مستوىً أوسطاً، ويكون الفرق بين المستويين مساوياً لطاقة الفوتون المنبعث ولقياس طاقة وشدة هذه الأشعة لا بد من استخدام كواشف خاصة لذلك. إن مبدأ عمل هذه الكواشف يعتمد على طريقة تفاعل اشعة كاما مع مادة الكاشف، ومن المعروف أن هذا التفاعل يحدث بثلاث طرق رئيسية وهي الظاهرة الكهروضوئية Photoelectric Effect وظاهرة إنتاج الزوج Pair production Effect و ظاهرة كومبتن Compton Effect (Ewan, 1968) (Bertolini and Coche, 1968).

Gamma - ray detectors

2.3 كواشف اشعة كاما:

تستند كواشف الإشعاع النووي في عملها على مبدأ تفاعل الإشعاع مع المادة وطرق الكشف، بصورة عامة، تعتمد على عمليات تأيير وتهيج الذرات في مادة الكاشف خلال مرور الإشعاع فيها. ومن الجدير بالذكر أن في عملية تحليل طيف اشعة كاما، فإن التفاعلات المهمة هي التي يحدث فيها فقدان كلي لطاقة الفوتون وهذا من شأنه أن يلغى أو يستبعد تأثير كومبتن الذي فيه يحصل امتصاص جزئي لطاقة فوتون الإشعاع الكهرومغناطيسي. وهذا يوضح إن التفاعلات بتأثير كومبتن ومدى الطاقة العريض (الواسع) للإلكترونات المرتدة الناتجة من هذه التفاعلات هي التي تعطي صفات غير مرغوبة في عملية تحليل طيف اشعة كاما (CANBERRA, 1978). و كنتيجة لمعاملات التوهين الواطنة لأشعة كاما فإن مادة الكاشف من الضروري أن تكون ذات قدرة إيقاف عالية للحصول على كفاءة كشف جيدة وكذلك فإن زيادة حجم بلورة الكاشف يعمل على تحسين خواص الكشف. وهناك عوامل متعددة تكون مهمة عند اختيار كاشف اشعة كاما، منها قدرة التحليل وكفاءة الكشف وسهولة الترتيب وبساطة التجميع وعوامل تانوية كالاستجابة الخطية والاستقرارية ونسبة تفاعلات التأثير الكهروضوئي إلى تفاعلات تأثير كومبتن والزمن الحقيقي (Adams and Dams, 1970) (Siegbahn, 1965).

إن تقنية قياس اشعة كاما غالباً ما تستند إلى نوعين من مواد الكشف، وهي الكواشف الوميضية وكواشف اشباه الموصلات (Mann *et al.*, 1980).

Semiconductor detectors

3.3 كواشف اشباه الموصلات:

تصنف المواد حسب قابليتها للتوصيل الكهربائي Electrical Conductivity إلى ثلاثة أصناف هي، الموصلة وشبه الموصلة والمواد العازلة.

تفرض نظرية الحزم وجود تلات نطاقات مختلفة للطاقة في الماد المذكورة وهي نطاق التكافؤ Valence band وعادة يكون مملوءا بالإلكترونات والنطاق المحظور Forbidden ونطاق التوصيل Conduction band الذي يكون فارغا تقريبا من الإلكترونات عند درجات الحرارة室温 (Ewan, 1968).

تتميز المواد الموصلة بان نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل فيها متداخلين ولا يوجد بينهما نطاق محظور فهي لذلك ذات قابلية عالية للتوصيل الكهربائي عند تسليط فرق جهد عليها. اما في اشباه الموصلات فان هنالك نطاق محظور (فجوة طاقة) تفصل بين نطاق التكافؤ ونطاق التوصيل ذات عرض صغير (~1ev) وفي المواد العازلة يكون عرض النطاق المحظور كبيرا جدا إذ لا يمكن للإلكترونات ان تنتقل من نطاق التكافؤ إلى نطاق التوصيل. تستخدم مواد اشباه الموصلات في صنع الكواشف المستخدمة في تحليل طيف اشعة كاما لان منطقة الاستزاف المتكونة في المادة شبه الموصلة تمثل الجزء المهم او الحساس الذي يحدث فيه تفاعل الفوتون مع مادة الكاشف. إن عملية تفاعل الاشعة الساقطة مع مادة الكاشف يؤدي إلى توليد عدد كبير من ازواج الإلكترون - فجوة electron-hole pairs خلال فترة زمنية قصيرة جدا امدها 10^{-12} Sec في نطاق التكافؤ ووصول الإلكترونات إلى قعر نطاق التوصيل ويتم تجميع هذه الشحنات بواسطة تسليط إل كهربائي بينقطي الكاشف للحصول على نبضة خارجة مقابل تفاعل كل جسيم مشحون او فوتون كامي مع مادة الكاشف.

إن تجميع الشحنات المتولدة يعتمد بدرجة كبيرة على الفولتية المسلطه إلا ان زيادتها عن الحد اللازم يؤدي إلى زيادة تيار التسرب Leakage current وهذا يقلل من نسبة النبضة إلى الضجيج Signal-to-noise ratio. وتواجه عملية جمع الشحنات مشاكل اخرى ايضا منها عملية إعادة الالتحام Recombination والتي تقل احتماليتها بزيادة فولتية الانحياز، وكذلك عملية قنص(اصطياد) الشحنات Trapping الناتجة عن وجود الشوائب في بلورة الكاشف واخيرا ظاهرة الاستقطاب Polarization التي تحدث بسبب تراكم الشحنات وتكوينها مجالا كهربائيا يعاكس المجال الاصلي وهذا يعني إعاقة عملية جمع الشحنات. يستخدم عادة السليكون والجرمانيوم في صنع كواشف اشباه الموصلات لكون هاتين المادتين تتصفان بالعرض الصغير للنطاق المحظور

كما يمكن الحصول عليهما بدرجة عالية من النقاوة إضافة إلى ميزات أخرى تلخصها بما : (Knoll, 1979)

1 - الطاقة اللازمة لتوليد زوج إلكترون - فجوة قليلة جدا، $eV = 2.9$ بالنسبة لكاشف الجermanium و $eV = 3.23$ لكاشف السليكون.

2 - القدرة التحليلية لهما عالية، والكافأة والاستجابة الخطية جيدة.

3 - عملية القنص وإعادة الاتساع قليلة بالنظر لكون زمن بقاء حاملات الشحنة Collection time أطول من زمن تجميع الشحنات Carrier lifetime.

4 - ما يقل من تيار التسرب عند استخدام فولتية انحراف High resistivity

5 - زمن نمو النبضة قصير pulse rise time وذلك لأن عملية جمع الشحنات تكون سريعة، إذ تمتلك هذه الشحنات قابلية كبيرة على الحركة High electron-hole mobility.

4.3 القدرة التحليلية لكاشف اشباه الموصلات

Energy Resolution of Semiconductor Detectors

تمتلك كواشف اشباه الموصلات قدرة تحليلية عالية تعود إلى انخفاض الطاقة اللازمة لتوليد زوج إلكترون - فجوة. وتعرف القدرة التحليلية لكاشف بقابلته على فصل خطين طيفيين متقاربين من حيث قيمة طاقتهما، وبعد عرض الخط الطيفي W مقياس لقدرة تحليل الكاشف. بذلك تلائمة عوامل أساسية تساهم في زيادة عرض الخط الطيفي لأشعة كاما احادية الطاقة Mono energetic وهي:

1 - الضجيج الإلكتروني Electronic noise

إن المصدر الرئيسي للضجيج الإلكتروني هو تيار التسرب في الكاشف بجانب ضجيج جهاز التكبير amplifier noise. إذ يعمل الضجيج الإلكتروني على زيادة عرض الخط الطيفي ويمكن حساب تأثير الضجيج الإلكتروني على القدرة التحليلية من خلال العلاقة التقريرية الآتية:

$$\Delta W = \in (Nc / 2)^{0.5} (\tau \tau_1 / \tau_R)^{0.5} \quad (1-3)$$

إذ أن \in هي الطاقة اللازمة لتوليد زوج إلكترون - فجوة و Nc كثافة الشحنة و τ الثابت الزمني للمكابر RC shaping و τ_1 معدل زمن بقاء الشحنات Charge carrier life time و τ_R زمن الانتقال خلال الكاشف.

وبالإمكان التقليل من تأثير الضجيج على عرض الخط الطيفي بتبريد الكاشف والذي يؤدي إلى التقليل من تيار التسرب، ويستخدم الترددات السائل لهذا الغرض. كما يمكن زيادة النسبة بين

سعة النبضة الحقيقية من الكاشف إلى سعة نبضة الضجيج باختيار ثابت زمني تقاضي مناسب للمكير المستخدم (Ewan, 1968).

2 - التقلب الإحصائي في تكوين ازواج إلكترون - فجوة

Statistical Fluctuation in the Number of Electron-Hole Pairs Formation

من البديهي انه عند تفاعل اشعة كاما احادية الطاقة مع مادة الكاشف فانه ليس من الضروري ان تولد جميع الفوتونات العدد نفسه من ازواج إلكترون - فجوة ويعود ذلك إلى حصول التفاعل في اعمق مختلفة من مادة الكاشف وكذلك ضياع جزء من طاقة الفوتون كطاقة حرارية في الكاشف. هذا فضلا عن الاختلاف في عدد ازواج إلكترون - فجوة المولدة من قبل الإلكترونات المتولدة في البداية primary electrons. كل هذا يؤدي إلى حصول تقلب او تدبب إحصائي في الشحنات المتولدة في الكاشف والذي بدوره يزيد من عرض الخط الطيفي عند منتصف ارتفاع دروته. إن قيمة التدبب الإحصائي يمكن التعبير عنها بدلالة طاقة الاشعة الساقطة E والطاقة اللازمة لتوليد إلكترون - فجوة تبعا للعلاقة التالية:

$$n = \left(\frac{FE}{\epsilon} \right)^{0.5} \quad \dots \dots \dots \quad (2-3)$$

إذ ان F معامل فانو Fano factor وتتراوح قيمته بين (0 - 1) (Knoll, 1979) لقد حسبت قيمة معامل فانو عمليا من قبل بعض العلماء وجدوا انها تساوي 0.13 للجرمانيوم و 0.5 للسليكون. إن القيمة المستخدمة لمعامل فانو هي 0.1 لكل من الجermanيوم والسليكون.

3 - وامل اخرى

هناك عوامل اخرى تؤثر في زيادة عرض الخط (الطيفي) الكامى ولو بدرجة اقل من العاملين المذكورين سابقا، منها عدم التجانس في مادة الكاشف والاختلاف في سماك طبقة الاستنزاف Depletion layer واختلاف زاوية سقوط اشعة كاما على سطح الكاشف وسوء جمع الشحنات المتولدة وكذلك بعد المصدر المشع عن سطح الكاشف (Siegbahn, 1965).

5.3 كواشف الجرمانيوم عاليه التقاؤة:

High Purity Germanium Detectors

إن الجرمانيوم يفضل عادة استخدامه كمادة للكشف عن اشعة كاما لطاقة اعلى من 100 keV. وعندما يستخدم الجرمانيوم النقي في كاشف فانه من غير الممكن خلق منطقة استنزاف اكبر سماكا من بضعة مليمترات في وصلة الكاشف الاعتيادية. لذلك فان عمليات انجراف او انسياق الليثيوم قد تطورت من اجل الحصول على منطقة ذاتية والتي يصل سماكتها إلى 10-15 mm. إن حجم كواشف Ge(Li) يمكن ان يصنع كبيرا ليكون مهما في قياسات اطيف اشعة كاما ، لكن الخل الوحيد والرئيسي في هذه الكواشف Ge(Li) هو ان التوزيع الحيزى

او الفضائي للبيتوم يصبح غير مستقر عند درجة حرارة الغرفة، ومن اجل منع حدوث فقدان التعبير في المنطقة الداتية بسبب إعادة توزيع البيتوم، فان هذه الكواشف يجب ان تستخدم وتحفظ في درجات حرارية واطنة باستمرار، ويستخدم لذلك النتروجين السائل من اجل المحافظة على درجات حرارية واطنة للكاشف، وإذا حدث خلل في الكاشف بسبب ارتفاع درجات الحرارة فإنه يجب ان يعاد إلى الشركة المصنعة من اجل إعادة انتشار (انجراف) البيتوم. لهذه الاسباب وغيرها فقد اصبح من الضروري تطوير هذا الكاشف ليكون ملائماً للظروف المختبرية وبقياسات ادق وأسهل (Knoll, 1979)، إذ تم صنع كاشف الجermanium عالي النقاوة، وتبيان المعادلات الآتية ان عرض منطقة الاستنزاف للوصلة (p-n) عند الفولتية المعطاة تزداد بالتناسب مع الجذر التربيعي لمقاومة المادة.

$$d = [2 \in V/eN]^{0.5} \quad \dots \dots \dots \quad (3-3)$$

إذ تمثل N تركيز التطعيم (واهبات او قابلات) على جانب الوصلة التي لها مستوى تطعيم واطئ. وباستخدام مقاومة شبه الموصل المطعم ($\rho d = 1/e\mu N$) يمكن كتابة المعادلة في اعلاه كالتالي:

$$d = [2 \in V\mu\rho d]^{0.5} \quad \dots \dots \dots \quad (4-3)$$

إذ ان μ حركية الحاملات الاقلية و d عرض منطقة الاستنزاف و V تابع العزل للوسط.

إذا قل تركيز الشوائب في الجermanium إلى حوالي $atom/cm^3 10^{10}$ فإن المقاومة تصبح عالية بصورة كافية وعندها يمكن ان يصل عرض منطقة الاستنزاف إلى $mm 10$ باستخدام الانحياز العكسي عند فولتية اقل من $Volt 1000$.

وعليه من الممكن ايجاد حجوم فعالة مقارنة مع الحجوم المتوفرة لكاشف (Li) وبدون المرور بخطوة تعويض البتوم. هذه الكواشف ذات دايسود الجermanium الكبير تدعى عادة بالجرمانيوم الداتي او (الجرمانيوم عالي النقاوة) وتدعى كواشف HPGe وهي واسعة الانتشار الان في قياس طيف إشعاع كاما. ولغرض إنجاز مثل هذا المستوى الواطئ من التشويب $atom/cm^3 10^{10}$ في مرتبة $ppm 10^{-6}$ فهناك قياسات غير عادية يستلزم إنجازها عند صنع بلورة الجermanium المستخدمة في الكاشف. إن مواصفات شبه الموصل لهذه المادة العالية النقاوة تمثل إلى ان تكون من نوع P-type وذلك إما بسبب الشوائب المتبقية (مثل الالمنيوم) او بسبب المراكز القابلة للرافعة (الملازمة) للعيوب البلورية في الجermanium . وهناك تقدم كبير يحدث الان من اجل تقليل مستويات التشويب لكي تكون الخواص الكهربائية للجرمانيوم هي المسطرة (في بعض الحالات) من خلال العيوب التركيبية .(Adams and Dams, 1970) (Siegbahn, 1965)

إن تيار التسرب المفرط (والذي يعرف على أنه تيار صغير مستمر D.C بالمايكرو أمبير يظهر عند تسلیط فولتية بالانحياز العکسی على وصلة الكاشف ويتعلق هذا التيار بكل من الحجم الكلي وسطح الكاشف)، يمنع من استخدام اي كاشف جرمانيوم عند درجة حرارة الغرفة ولكن غياب تعويض الليتيوم يسمح لكاشف الجرمانيوم عاليه النقاوة بان تحفظ عند درجة حرارة الغرفة بين اوقات الاستخدام. ولكن إذا امكن حفظ هذه الكواشف عند درجات حرارية واطئه باستمرار وذلك لتجنب حدوث تلوث جهدی لسطح الكاشف من اي ابخرة متبقیه او مترسبة من حجرة الكاشف المفرغة (Mann *et al.*, 1980).

6.3 محسن ومساوی کواشف اتباه الموصلات

Advantage and Disadvantage of Semiconductor Detectors

إضافة إلى الميزة الرئيسية التي يتمتع بها الكاشف شبه الموصل من حيث قدرته العالية على الفصل الطيفي فإنه يمتلك محسن كثيرة اخری يمكن إجمالها بما يلي:

- 1 - حساسیه واطئه للاشعه الخلفیه (Back ground radiation).
- 2 - استجابة خطیه جيدة ولمدى واسع من الطاقة.
- 3 - إمکانیه الحصول منه على نبضات زمنیه سریعه نسبیا.
- 4 - قابلیه العمل في معدلات العد العالیه (High counting rate).
- 5 - ضعف حساسیته للمجالات المغناطیسیه.

ويعاپل هذه المحسن ما تمتلكه هذه الكواشف من مساوی منها:

- 1 - لا يمكن تصنيعها باحجام فعاله (active volume) كبيرة تضاهي احجام الكواشف الوميضية، ولذلك فان كفاعتها تكون اقل.
- 2 - يجب تبريدها اثناء التشغيل إلى درجة حرارة التتروجين السائل.
- 3 - عدم قدرتها على إيقاف الجسيمات ذات المديات الكبيرة (الطاقة العالية) لصغر حجمها على الرغم من كثافتها العالية نسبيا.
- 4 - يعد عمر هذه الكواشف قصيرا نسبيا (يسبب تلف وتآكل السطح نتيجة لسقوط الاشعة عليه) (Adams and Dams, 1970) (Mann *et al.*, 1980)

الفصل الرابع
الجزء العلمي
والحسابات

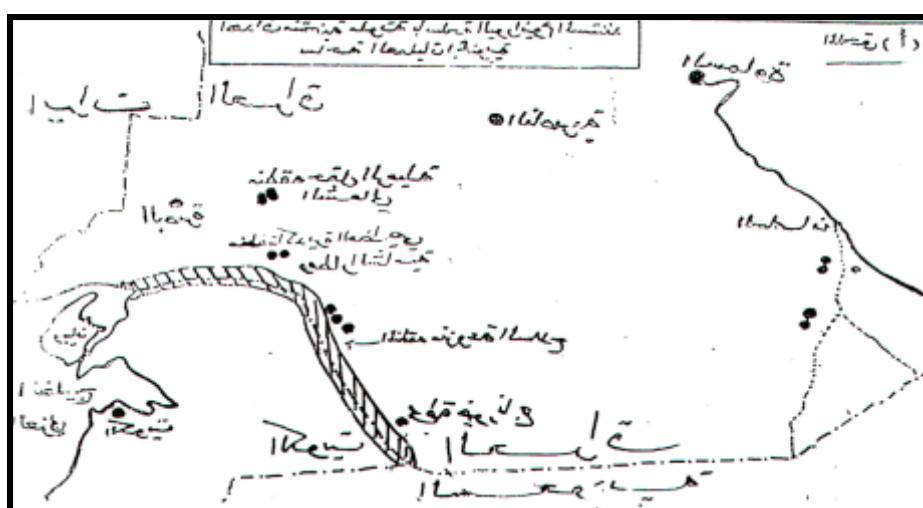
الفصل الرابع

الجزء العملي والمسابقات

يتضمن هذا الفصل عرضاً للمواد والأجهزة المختبرية التي استخدمت في هذا البحث، إضافةً إلى طريقة العمل والقوانين والحسابات الخاصة لكلا التقنيتين المستخدمتين.

1.4 عملية جمع وتحضير العينات

لقد تم اختيار المنطقة الجنوبية من العراق وبخاصة المنطقة المحاذية للحدود بين العراق والكويت (المنطقة منزوعة السلاح) وصولاً إلى السعودية والتي تعرضت للقصف بقنابل ذخيرة اليورانيوم المنصب كمنطقة للدراسة في بحثنا هذا. والخريطة الآتية توضح المناطق التي تم جمع العينات منها، وهذه العينات كانت موزعة على خمسة مواقع على طول المنطقة وهي (منطقة حقل الرميلة الشمالي، ومفرق طريق صفوان - ام قصر، ومنطقتي كديره العظمى ومطار الشامية، والمنطقة بين كديره العظمى ومحطة خورناج، ومنطقة محطة خورناج او مخفر حدود خورناج). واشتملت العينات على قطع حديد من بقايا ومخلفات بعض الدبابات والمعدات العسكرية المدمرة والتي تعرضت للقصف بدخان تحتوي على اليورانيوم المنصب خلال حرب الخليج الثانية سنة 1991، والصور التالية توضح بعض هذه المعدات العسكرية. ولقد كان عدد العينات التي تم جمعها من الموقع المذكورة في اعلاه 25 عينة، بواقع خمس عينات من كل منطقة، إذ طحت تلك العينات باستخدام الة الجراحة التابعة تم اعيد طحنها تانية للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس من حيث توزيع المادة المشعة فيه ليكون جاهزاً لعملية الفحص والتحليل.



الخريطة (4-1) توضح المناطق التي تم جمع العينات منها (الجبوري، 2001)



الصورة (1-4) معدة عسكريه من منطقة حقل الرميله الشمالي



الصورة (2-4) معدة عسكريه من منطقة مفرق طريق صفوان ام فصر



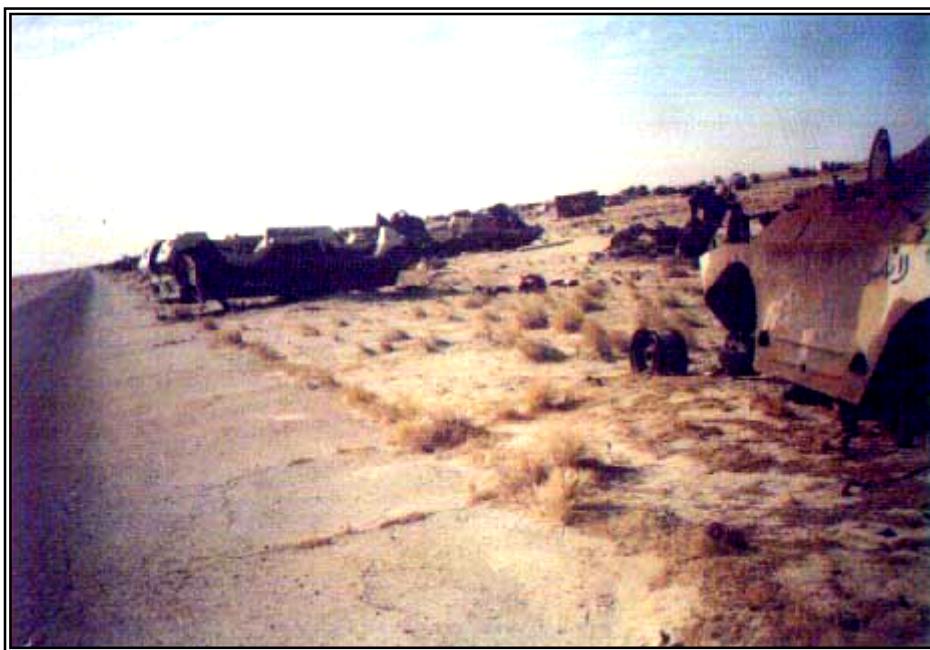
الصورة (3-4) معدة عسكريه من منطقتي كديره العظمى ومطار الشاميه



الصورة (4-4) معدة عسكريه من منطقتي كديره العظمى ومطار الشاميه



الصورة (5-4) معدة عسكريه من المنطقه بين كديره العظمى ومحطة خورناتج



الصورة (6-4) مجموعه معدات عسكريه بالقرب من الطريق المؤدي إلى السعوديه



الصورة (7-4) معدة عسكريه من منطقه محطة خورناتج



الصورة (8-4) معدة عسكريه من منطقه حقل الرميله الشمالي



الصورة (9-4) معدة عسكريه من منطقة مفرق طريق صفوان ام فصر

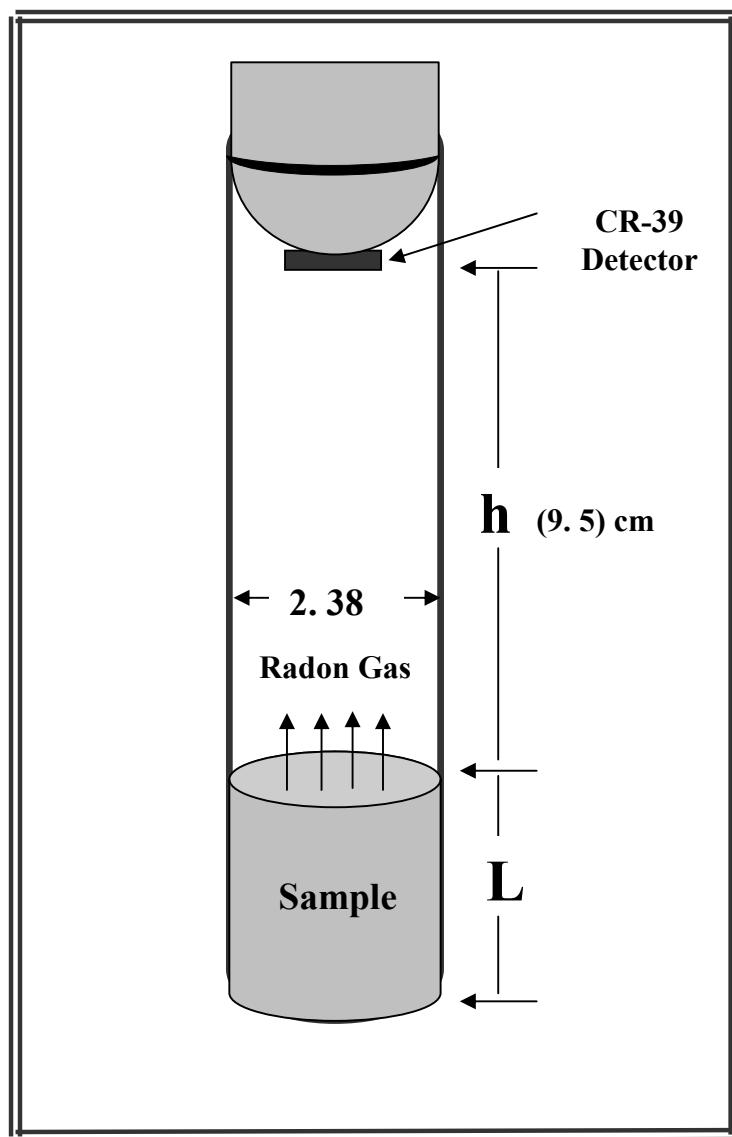
2.4 التحليل والقياس بتقنيه كاشف CR-39

تم استخدام تقنية كاشف الآثار النووي الصلب CR-39 معتمدين طريقة القياس طويلة الأمد من أجل تسجيل آثار جسيمات الفا المنبعثة من غاز الرادون المنبعث بدوره من العينات المستخدمة والذي يعد الناتج الطبيعي لانحلال اليورانيوم ^{238}U . إذ تم استخدام الكاشف CR-39 بسمك $275\ \mu\text{m}$ وقطعه إلى قطع ببعد متساوية cm^2 (1×1)، ليتم بعد ذلك تعریضها إلى العينات المستخدمة بواقع 5 غرامات من كل عينة وزنت باستخدام ميزان ذو حساسية تصل إلى $0.5\times 10^{-2}\ \text{gm}$ نوع OWALBOR. وضعت العينات في حجرات التشعيع والتي هي عبارة عن أنابيب اختبار اسطوانية الشكل تعرف بحجرات الانتشار ذات قطر $2.38\ \text{cm}$ وكما موضحة في الشكل (4-1) وأغلقت تلك الحجرات بإحكام بسدادات مطاطية مع مراعاة كون المسافة بين سطح العينة وسطح السداد السفلي المتبع فيه قطعة الكاشف متساوية إلى $9.5\ \text{cm}$ 98% (Barillon *et al.*, 1993) لجميع العينات، تم ترك العينات لمدة 22 يوماً وذلك للوصول إلى من حالة التوازن المتألي (القرني) Secular equilibrium بين الراديوم ووليداته من نظائر الرادون ، إذ من المعروف ان عمر النصف للراديوم ^{226}Ra طويل بحدود 1600 Yrs وللرادون 3.825 day وقد حسبت هذه المدة باستخدام علاقة التوازن للنشاط الإشعاعي الآتية

$$A_{Rn} = A_{Ra} [1 - e^{-\lambda_{Rn} t}] \quad \dots \quad (1-4) \quad (\text{Azam } et al, 1995)$$

إذ ان A_{Rn} تمثل فاعلية الرادون ، و A_{Ra} فاعلية الراديوم ، و λ_{Rn} ثابت انحلال الرادون ومقداره $0.1814\ \text{day}^{-1}$ ، و t هو الزمن اللازم للوصول إلى حالة التوازن.

وبعد انتهاء زمن التوازن والبالغ 22 يوماً رفعت السدادات بسرعة واستبدلت باخرى متبع بأسفلها قطعة الكاشف CR-39 وتم إحكام غلقها باستخدام شريط لاصق تلافي للتبدل بين غاز الرادون والمحيط الخارجي (الحفاظ على التركيز الداخلي للرادون) مع مراعاةبقاء المسافة بين سطح العينة والكاشف $9.5\ \text{cm}$. وبعد ذلك تركت الكواشف داخل الحجرات لمدة 60 يوماً (فترة التعرض). تم رفع الكواشف لتبدأ عملية القسط لإظهار الآثار المتكونة فيها. لقد استخدم محلول هيدروكسيد الصوديوم المائي NaOH بنقاوة 98% وبدرجة حرارة $70\pm 1^\circ\text{C}$ لإظهار الآثار المتكونة في قطع الكواشف المعروضة للعينات إذ يعد من المحاليل الما



الشكل (1-4) يوضح أنبوب الاختبار المستخدم في الدراسة

إظهار الآثار في الكواشف البلاستيكية وبخاصة كواشف البولي كاربونيت مثل CR-39. وللحصول على التركيز المطلوب للمحلول الفاشر والبالغ $M \text{ gm} / 6.25 \text{ ml}$ ، فقد تم إدابة 25 من حبيبات NaOH وزنه الجزيئي 40 من الماء المقطر وحسب التركيز تبعاً للعلاقة

$$C = \frac{W}{W_{eq}} \frac{1000}{V} \quad \dots \dots \dots \quad (2-4) \quad : (1999 \text{ عمر})$$

إذ يمثل C عيارية أو تركيز محلول، و W وزن NaOH بالغرام، و W_{eq} الوزن الجزيئي المكافئ لهيدروكسيد الصوديوم، و V حجم الماء المقطر (ml)

استمرت عملية القسط لمدة اربع ساعات إذ رفعت قطع الكواشف من محلول وتم تجفيفها بعد غسلها بشكل جيد بالماء المقطر لتبدا عملية المشاهدة المجهرية وحساب الاتار المتكونة فيها.

لقد تم عد الاتار المنتظمة المتولدة عن جسيمات الفا الساقطة على الكاشف لوحدة المساحة للوجه المعرض للعينات المستخدمة، فضلا عن ذلك فانه تم قياس الخلفية الإشعاعية للكاشف، إذ وضع في انبوبة اختبار فارغة من العينات واغلق باباكم بالطريقة نفسها وللمدة الزمنية التي حددت في حالة وجود العينات. وقد بلغت الخلفية الإشعاعية بحدود 217 Cm^2 وتم طرحها من كثافة الاتار التي حصلنا عليها في حالة وجود العينات ولجميع الحالات من اجل الحصول على الكثافة الفعلية للاتار التابعة لجسيمات الفا المتبعة من العينات في الدراسة. وجرت عملية المشاهدة المجهرية باستخدام مجهر بصري

نوع (ALTAU) بقوة تكبير $\times 400$ ويمكن تحديد قوة تكبير المجهر بالعلاقة:

$$\text{قوة التكبير} = \text{تكبير العدسة العينية} \times \text{تكبير العدسة الشبئية} = 400x = (10x)(40x)$$

إن عملية عد الاتار في الكواشف كررت مرتين من اجل التأكد من دقة القراءات واحد معدل عدد الاتار ل القراءتين لوحدة المساحة لكل كاشف.

الحسابات 1.2.4

١- حساب تأثيث الانتشار

لفرض قياس مستوى تركيز الرادون والراديوم بالتقنية المذكورة في اعلاه لابد من تحديد ثابت الانتشار K للمنظومة المستخدمة. إذ إن ثابت الانتشار يختلف من منظومة لآخرى إذ يعتمد على الابعاد الهندسية (الارتفاع ونصف القطر) لحجرة الانتشار (التشعيع) علما ان تركيز المواد المشعة في العينات لا يعتمد على الابعاد الهندسية المنظومة إذا ما بقيت كتل العينات وحجمها ثابتة. لقد تم تحديد ثابت الانتشار K لحجرة الانتشار التي استخدمت في هذه الدراسة وفق العلاقات التالية (Azam *et al.*, 1995).

$$\text{إذ يمثل } \rho \text{ كثافة الاتار بوحدة } Tr.Cm^{-2} \text{ و } K \text{ ثابت الانتشار، و } C \text{ تركيز الرادون في الهيز} \\ \text{الهواي بوحدة } Bq.cm^{-3} \text{، و } T \text{ زمن التشيع sec} \quad D = \frac{\rho}{T} = K \cdot C \quad \text{وتساوي: } Tr.Cm^{-2}.h^{-1} \quad (4.4)$$

كما يمكن حساب ثابت الانتشار K من العلاقة الآتية استناداً إلى الأبعاد الهندسية لحجرة الانتشار .(Barillon *et al.*, 1993)

$$K = \frac{1}{4} r(2\cos\theta_c - r/R_\alpha) \quad \dots \dots \dots \quad (5-4)$$

إذ يمثل r نصف قطر الانبوبة المستخدمة كحجرة انتشار ومقداره 1.19 Cm والزاوية الحرجة لكافش CR-39 ومقدارها 35° (Durrani and Bull, 1987) و R_α مدى جسيمات الفا في الهواء الناتجة والمنبعثة من ^{222}Rn ويساوي 4.15 Cm حسب المعادلة الآتية:

$$R_a = (0.005E_a + 0.285)E_a^{3/2} \quad \dots \dots \dots \quad (6-4)$$

إذ إن E_α يمثل طاقة جسيمات الفا.

و عند تعويض هذه القيم في المعادلة (5-4) فان قيمة ثابت الانشطار بوحدات الطول تساوي $Cm = 0.402$ لانه يعتمد على الابعاد الهندسية لحجرات التشريح و الحالات ذات ابعاد هندسية مختلفة نجد ان $K = 2.084 \text{ Tr.Cm}^{-2}.h^{-1} / Bq.m^{-3}$ ، وكذلك $K = 0.0348 \text{ Tr.Cm}^{-2}.d^{-1} / Bq.m^{-3}$ تبعاً للمتغيرات المستخدمة في المعادلات اعلاه

ب - حساب تراکیز الرادون و ولیداته

يتم إيجاد تركيز الرادون في الحيز الهوائي للحجرة المحصورة بين سطح العينة

: (Barillon *et al.*, 1993) $Bq.m^{-3}$ بـاستخدام العلاقة وسطـح الكاـشف في حـجرة التـشعـيع بـوحدـات

$$D_{Rn^{222}} = \frac{C}{4} r (2 \cos \theta_c - r / R_\alpha) \quad \dots \dots \dots \quad (7-4)$$

اما فيما يخص تراكيز ولادات الرادون الباعثة لجسيمات الفا (Po^{218}) والتي قد تترسب على جدران حجرة التشعيع او على وجه الكاشف فانه على الرغم من ان نسبتها تعتمد على ابعاد الحجرة المستخدمة فقد وجد في عدد من الدراسات ان مساهمتها تكون قليلة عندما يكون نصف قطر حجرة التشعيع الاسطوانية 1.4Cm وبعد العينة عن الكاشف اكبر من 7Cm . ولتحديد مساهمة هذه الولادات في حساب تراكيز الرادون Rn^{222} نستخدم العلاقات التالية لحساب تراكيز الولادات (Po^{214}, Po^{218}) المترسبة على جدران الحجرة الاسطوانية ووجه الكاشف.

$$D_{Po^{218}} = D_{Po^{214}} = \frac{C}{4} r \left[\frac{h}{r+h} \right] (\cos \theta_c) \frac{r}{R_c} \quad \text{.....(9-4)}$$

- حساب كثافة فعالية الرادون في العينات

يمكن إيجاد تركيز الرادون في العينات باستخدام العلاقة الآتية

(AL-Bataina et al., 1997)

$$C_s = \lambda_{Rn} C_a h t / L \quad \dots \dots \dots \quad (10-4)$$

إذ ان C_s تركيز الرادون داخل العينات بوحدة $Bq.m^{-3}$ ، و C_a تركيز الرادون في الحيز الهوائي بوحدة $Bq.m^{-3}$ ، و λ_{Rn} ثابت احلال الرادون ويساوي 0.1814 day^{-1} ، و h ارتفاع الحيز الهوائي ويساوي 9.5 Cm و L سمك العينة وهو بحدود 1.5 Cm تقريباً، و t زمن التشعيع بال أيام 60 يوماً.

كما يمكن إيجاد الفاعلية الإشعاعية A للرادون الناتج من العينات المستخدمة بوحدات Bq وذلك باستخدام العلاقات الآتية:

$$A_{Rn} = C_s V \quad \dots \dots \dots \quad (11-4)$$

$$V = \pi r^2 L \quad \dots \dots \dots \quad (12-4)$$

إذ ان V حجم العينة بوحدة m^3 ، و r نصف قطر حجرة التشعيع المستخدمة 1.19 Cm .

د - حساب تركيز اليورانيوم

لإيجاد تركيز اليورانيوم لابد من حساب عدد درات الرادون N_{Rn} من العلاقة:

$$A_{Rn} = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn} \quad \dots \dots \dots \quad (13-4)$$

وباستخدام قانون التوازن الإشعاعي المتماثلي Secular equilibrium او الابدي Ideal يتم إيجاد عدد درات اليورانيوم في العينات المستخدمة من المعادلة:

$$\lambda_U \cdot N_U = \lambda_{Rn} \cdot N_{Rn} \quad \dots \dots \dots \quad (14-4)$$

إذ ان λ_U ثابت احلال اليورانيوم ومقداره $4.9 \times 10^{-18} \text{ Sec}^{-1}$. اما وزن اليورانيوم في العينات (W_U) فيمكن إيجاده من العلاقة:

$$W_U = \frac{N_U \cdot A_U}{N_{av}} \quad \dots \dots \dots \quad (15-4)$$

إذ A_u العدد الكتلي لليورانيوم ^{238}U و N_{av} تمثل عدد افوكادرو ويساوي $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

ولإيجاد تركيز اليورانيوم في العينات بوحدة ppm نستخدم العلاقة الآتية:

$$C_U (ppm) = \frac{W_U}{W_s} \quad \dots \dots \dots \quad (16-4)$$

- حساب محتوى الراديوم الفعال

إن محتوى الراديوم C_{Ra} في العينة هو مقدار ما تحتويه العينة فعلياً من عنصر الراديوم الذي ينحل إلى رادون ويحسب بوحدات $Bq.kg^{-1}$ من العلاقة الآتية (Azam *et al.*, 1995)

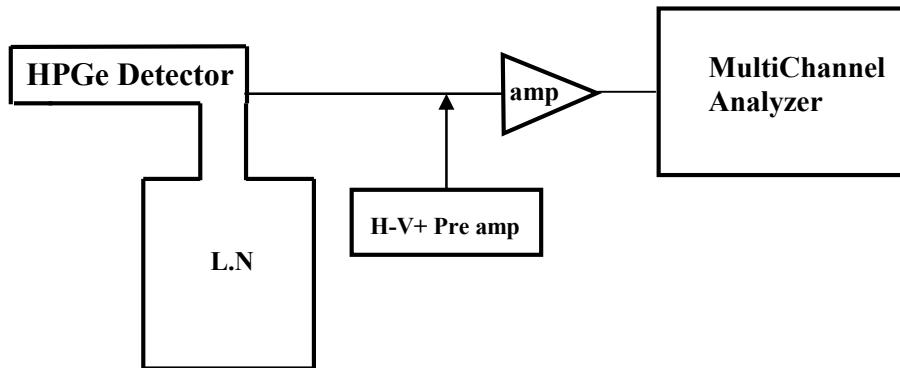
$$C_{Ra} = \left[\frac{\rho}{K \cdot T_e} \right] \left[\frac{h \cdot a}{W_s} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (17-4)$$

إذ يمثل a المساحة السطحية للعينة، و T_e زمن التعرض (التشعيع) الفعال ويعطى بالعلاقة:

$$T_e = [T - \lambda_{Ra}^{-1} (1 - e^{-\lambda_{Ra} T})] \quad \dots \dots \dots \quad (18-4)$$

إذ يمثل T زمن التشعيع الكلي ويساوي 60 يوماً، وقد وجد أن زمن التعرض الفعال يساوي بحدود 54.494 يوم.

3.4 القياسات بتقنيه تحليل طيف اشعه كاما واستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوه HPGe
تعد تقنية تحليل اطيف اشعة كاما من التقانات المهمة والواسعة الاستخدام في الكشف عن العناصر والنوى التي تبعث اشعة كاما، فهذه محللات لها خواصها المتميزة من حيث قدرة التحليل ودقة النتائج و إمكانية العمل في الطاقات الواطنة، وت تكون المنظومة المستخدمة في هذه التقنية من الاجهزه التالية وكما موضحة في الشكل (4-2)



الشكل (4-2) يوضح منظومة تحليل طيف اشعه كاما

1 - **كاشف الجرمانيوم عالي النقاوه** High Purity Germanium Detector
نوعه CANBERRA.85 موصل بقارورة سائل التتروجين لغرض تبریده إلى درجة الحرارة اللازمه للحفاظ على بلورة الكاشف اثناء العمل وتقليل الضوضاء .

2 - مجهز القدرة العالية High Power Supply

يقوم بتجهيز الفولتيه اللازمه لتشغيل الكاشف والتي قيمتها Volt 3200 لكاشف الجرمانيوم عالي النقاوه ويحتوي هذا الجهاز على تدريج للفولتيه بين Volt (0 - 5000).

3 - المضخم الابتدائي Pre Amplifier

يقوم المضخم الابتدائي بتشكيل النبضة المتولدة في الكاشف وذلك بتغيير اتساعها وتقليل التشويش المصاحب لها ويؤدي ذلك إلى تغيير سعتها كما يوفر موائمه الممانعه بين الكاشف والمضخم الرئيسي ويوضع المضخم الابتدائي عادة بالقرب من الكاشف وذلك لاهميته في زيادة النسبة بين النبضة إلى الضجيج Signal-to-Noise Ratio.

4 - المضخم الرئيسي Main Amplifier

يقوم هذا الجهاز بتكبير النبضات الناتجة من المضخم الابتدائي والداخلة إليه بقطبية موجة او سالبة، كما يقوم بتشكيل النبضة وتقليل الضوضاء فيه وله طرائق إخراج احادية القطبية Uni. Polar. يمتلك المضخم الرئيسي علاقة خطية بين سعة النبضة الداخلية وسعة النبضة الخارجية ويطلق على النسبة بين سعة النبضة الخارجة إلى سعة النبضة الداخلية بالربح Gain ويمكن تغيير الربح بتغيير عامل التوهين Attenuation Factor كما يحتوي الجهاز على مفتاح لتغيير التابع الزمني Time Constant في المدى Sec (0.04 – 10) وقد تم اختيار التابع الزمني Sec .1

5 - محلل الاطياف متعدد القنوات (MCA) نموذج (CANBERRA – 85)

إن محلل الاطياف المستخدم في هذه الدراسة هو جهاز متقدم يستخدم لتحليل اطياف اشعه كما مجهز من شركة CANBERRA يحتوي على 4096 قناة وعلى ثلاثة حاسبات مايكرويفية Micro Processors إذ تسيطر الحاسبات على ذاكرته ووحدة المعلومات فيه ووحدة معالجة الإشارة ووحدة إدخال المعلومات و إخراجها بين الجهاز والاجهزه المستخدمة. الميزة الرئيسية لهذا الجهاز قدرته العالية على تحليل اطياف اشعه كما المعقده .

ويمكن تصنيف استخدامات محلل الاطياف إلى ثلاثة اصناف رئيسه هي تحليل سعة النبضة Pulse Height Analysis وتنريج القنوات المتعددة Multi Channel Scaling وقائمه الخزن List Storage. إذ يقوم المحلل متعدد القنوات باستلام النبضات الخطية من المضخم الرئيسي ويصنفها حسب سعتها ومن ثم خزنها في موقع تعتمد على السعه تم عرضها بشكل صوره مرئيه لطيف الإشعاع. يثبت مؤشر المميز السفلي LLD عند قيمه صغيرة وذلك ليتم حجب النبضات الخلفية الإشعاعية والضوضاء بينما يوضع مؤشر المميز العلوي ULD عند

اقصى قيمة له وذلك لكي يشمل اغلب النبضات وينظم زمن الإخماد Dead Time من خلال مفتاح الربح بحيث يكون اقل ما يمكن.

إن لوحة إظهار المعلومات في محل الأطيف لنموذج 85 قادرة على إظهار أي جزء مختار من ذاكرة خزن المعلومات عند الحاجة وفضلاً عن ذلك يمكن أن تزودنا هذه اللوحة بالمعلومات الآتية:

- ١ - الترigo العمودي (VFS)
 - ب - ميزة توسيع الطيف Expand And Window Functions
 - مناطق اهتمام متعددة Regions of Interest (ROIs) مثل ميزة التراكب Overlap Function
 - من ذاكرة إلى أخرى فضلاً عن إمكان تحريك المؤشرين إلى أيّة منطقة اهتمام يتطلب دراستها
 - بوساطة ميزة الدلالة Index Function.

Energy calibration معايرة الطافه 1.3.4

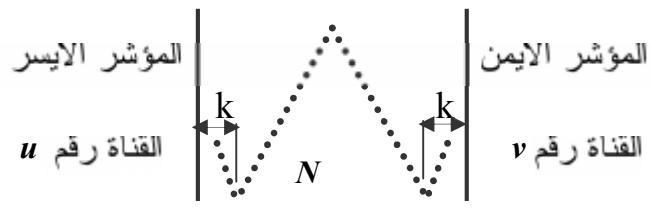
من الميزات الرئيسية لمحلل الاطياف هي قدرته على تحويل رقم القناة إلى وحدة عيارية (طاقة او زمن) مكافئة، ويمكن اختيار الوحدة العيارية المطلوبة من خلال عملية المعايرة. إن معايرة المطياف باستخدام عناصر مشعة عيارية ذات نطاق طاقي مناسب تمكننا من تحديد الدروات وقياسها للعينات المدروسة وقد استخدمت لعملية المعايرة مصادر قياسية تم الحصول عليها من الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA ^{60}Co الذي يمتلك خطين كامبيين عند keV $(1332, 1170)$ و ^{137}Cs عند الطاقة keV 662 وذلك للحصول على مقدار الطاقة لكل قناة ($keV / Channel$) وقد وجد من خلال طيف العينات التي تم الحصول عليها ان هناك خطوط كامبية كثيرة تعود إلى نوى ^{214}Bi والنتائج من انحلال سلسلة ^{238}U ذات طاقات مختلفة $(2205, 1765, 1730, 1232, 1121, 609.3) keV$. وان احسن خط تم تميزه واختياره للمقارنة كان الخط الكامي ذو الطاقة $1765 keV$.

2.3.4 حساب المساحة الحقيقة تحت الدالة Net Area Function

إن دالة المساحة تعطي مجموع العدات الواقعة بين المؤشرين بعد طرح الخلفية الإشعاعية والتي يمكن تحديدها بدقة إذ أن المساحة الصافية تحت الذروة تساوي:

إذ يمثل $N = (v - u + 1)$ عدد القنوات و B_1, B_2 الاشعة الخلفية يسار ويمين الدروة.
ويبين الشكل (3-4) كيفية حساب المسافة الحقيقة للدروات.

k تمثل عدد نقاط النهاية



الشكل (3-4) مخطط لحساب المساحة الحقيقية تحت الدروة

3.3.4 تحديد تركيز اليورانيوم المنصب في العينات

تم عملية تحليل طيف العينات قيد الدرس بوزن gm 10 من كل عينة وتجميع الطيف لها لمدة ساعتين وكذلك للعينة القياسية التي وزنها $20gm$ وبعد الحصول على قيم المساحة الصافية تحت المنحني للقلم KeV 1765 في تلك العينات يتم حساب تركيز اليورانيوم المنصب باستخدام العلاقة الآتية:

$$\frac{A}{A_s} = \frac{w}{w_s} x \frac{C}{C_s} \quad \dots \dots \dots (19-4)$$

$$C(U^{238}) = \frac{A}{A_s} x \frac{w_s}{w} x C_s \quad \dots \dots \dots (20-4)$$

إذ تمثل كلا من A و A_s المساحة تحت المنحني للعينات والعينة القياسية على التوالي، و C و C_s تركيز اليورانيوم المنصب بوحدات ppm في العينات والعينة القياسية على التوالي و w_s وزن العينة والعينة القياسية.

الفصل الخامس

النتائج

والمذات

الفصل الخامس

النماذج والمناقشة

من المعروف ان استخدام دخان تحتوي على مواد مشعة منها اليورانيوم المنصب في العمليات العسكرية يسبب تلوتا في المنطقة التي تتعرض للقصف بسبب تحرر ذرات المواد المشعة على شكل غبار والتي تتبع عند ارتظام القذيفة بالهدف وانتشارها لمسافات تعتمد على عدد من العوامل البيئية فضلا عن حجم جزيئات الغبار ودرجة الحرارة، فان عملية تحديد التلوث باليورانيوم المنصب (DU) في العينات البيئية تكون صعبة وذلك لأن DU و ^{235}U و ^{238}U تكون موجودة او ممزوجة بنسبة مختلفة في العينات.

في دراستنا الحالية تم استخدام تقنيتين: الاولى تقنية كاشف الاتر النووي CR-39 واستخدام حجرات زجاجية اسطوانية الشكل وبابعاد محددة لغرض تشعيط الكاشف وان استخدام مثل هذه الحجرات يتطلب حساب ثابت الانتشار K الذي يعتمد على الابعاد الهندسية للحجرة المستخدمة ومدى الجسيمات المشحونة والزاوية الحرجة للكاشف المستخدم. كما ان اختيار انصاف اقطار الحجرات المستخدمة والمسافة بين العينات وسطح الكاشف اعتمد استنادا إلى المعادلات الرياضية المذكورة سابقا والتي تم بموجبها تحديد تلك الابعاد. وعليه فقد اعتمدنا حجرات اسطوانية نصف قطرها Cm 1.19 ووجدنا ان قيمة K تساوي Cm 0.402 او $0.0348 \text{ Tr.Cm}^{-2}.d^{-1} / Bq.m^{-3}$ او $2.084 \text{ Tr.Cm}^{-2}.hr^{-1} / Bq.m^{-3}$

يبين الجدول (1-5) رموز العينات وتوزيعها على المناطق التي اخذت منها العينات كما ويبين كافة اثار جسيمات الفا وتركيز الرادون في الحيز الهوائي وتركيز الرادون داخل العينات. إذ تم تثبيت الحيز الهوائي للحجرات الاسطوانية المذكورة من خلال تثبيت الكاشف على بعد 9.5 Cm من العينات والتي كانت كتلته كل منها 5 gm .

كما ويلاحظ من الجدول المذكور ان كافة الاتار المسجلة في الكاشف تتراوح بين $Tr.Cm^{-2}$ $(2339-5380)$ بعد طرح الخلفية الإشعاعية Back ground والتي كانت بال معدل تساوي $.217 \text{ Tr.Cm}^{-2}$.

وكذلك نلاحظ من الجدول (1-5) ان تركيز الرادون في الحيز الهوائي للحجرة الاسطوانية يتراوح بين اقل قيمة $1.121 \times 10^3 \text{ Bq.m}^{-3}$ D من منطقة حقل الرملية الشمالي واعلى قيمة $2.582 \times 10^3 \text{ Bq.m}^{-3}$ W من منطقة محطة خورناج اي بزيادة اكبر من الضعف. علما ان تركيز الرادون في الحيز الهوائي يعتمد بالاساس على كتلته العينات المستخدمة ببیوتن بقيمة المتغيرات. اما اقل قيمة لتركيز الرادون داخل العينات فقد بلغت $0.773 \times 10^5 \text{ Bq.m}^{-3}$

الجدول (1-5) يوضح رموز العينات وتوزيعها على المناطق المدروسة وكتافه الاتار وتركيز الرادون في الحيز الهوائي وداخل العينات

المنطقة	رمز العينة	كتافه الاتار $\rho(Tr.Cm^{-2})$	كتافه فعاليه الرادون في الحيز الهوائي $C_a(Bq.m^{-3}) \times 10^3$	الرادون داخل العينات $C_s(Bq.Kg^{-1})$	الرادون داخل العينات $C_s(Bq.m^{-3}) \times 10^5$
الرميله	A	4910	2.356	1.624	216.8
	B	3138	1.506	1.038	138.6
	C	3730	1.790	1.234	164.6
	D	2337	1.121	0.773	103.2
	E	3690	1.771	1.221	163.0
مفرق	F	3480	1.670	1.151	153.6
	G	2833	1.360	0.937	125.0
	H	3215	1.543	1.064	142.0
	I	3140	1.510	1.041	139.0
	J	3805	1.826	1.259	168.0
كديره	K	3100	1.488	1.026	137.0
	L	4060	1.948	1.343	179.4
	M	2930	1.406	0.969	129.4
	N	3920	1.881	1.297	173.0
	O	4165	1.999	1.378	184.0
<u>المناطق</u>					
سين	P	4225	2.028	1.398	186.6
	Q	5235	2.512	1.731	231.0
	R	5195	2.493	1.718	229.2
	S	4300	2.063	1.422	189.8
	T	4185	2.008	1.384	184.8
<u>خورناج</u>					
محطة	U	3859	1.852	1.277	170.4
	V	3370	1.617	1.115	148.8
	W	5380	2.582	1.780	237.6
	X	5310	2.548	1.756	234.4
	Y	4870	2.337	1.611	215.0
<u>الخلفيه</u>					
<u>إشعاعيه</u>					
	Z	217	0.104	0.072	9.600

او 103.2Bq.Kg^{-1} وان W وان D واعلى قيمة كانت 237.6Bq.Kg^{-1} او $1.78 \times 10^5 \text{Bq.m}^{-3}$ او $173.7684 \text{Bq.Kg}^{-1}$ او $1.302 \times 10^5 \text{Bq.m}^{-3}$.
 لقد نشرت المنظمة الدولية للحماية من الاشعاع (ICRP) تحذيرات عن حدود التعرض لغاز الرادون من خلال الحدود المسموح بها وبالبالغة $\text{Bq.m}^{-3}(800-200)$ والذي اكتبه الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومنظمة الصحة العالمية، ومن ملاحظة النتائج التي حصلنا عليها نجد ان تركيز غاز الرادون الناتج من العينات قد ارتفع بمعدل عشر مرات عن الحد الطبيعي مما يشير الى خطورة التعامل مع البيئة الجنوبية الملوثة للعراق ومما يؤكّد استخدام القاذف الحاوية على اليورانيوم المنصب من قبل قوات التحالف في حرب الخليج الثانية سنة 1991.
 اما فيما يخص الجرعة التي يتعرض لها المواطنين من جراء العيش او التعامل مع هذه المناطق الملوثة، فمن خلال حساب الجرعة المكافحة لتركيز الرادون نجد انها تتراوح بين $(53-123) \text{mSv / yr}$ والذي هو اعلى من الحدود الطبيعية البالغة $(20-2) \text{mSv / yr}$ بـ 13-103 مرات تقريبا (Abumurad *et al.*, 1994).

اما الجدول (2-5) فيوضح الفاعلية الإشعاعية لغاز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال وعدد درات اليورانيوم وزنه وتراكيزه في العينات. فقد تراوحت قيم الفاعلية الإشعاعية بين 0.516Bq $V = 6.673 \times 10^{-6} \text{m}^3$ علما ان حجم العينات المدروسة كان 1.188Bq و D و W واعلى قيمة 24.027Bq.Kg^{-1} .

ومما تجدر الاشارة اليه بهذا الصدد ان دراسة بيئية اجريت من قبل شملت مناطق (البصرة والزبير وجبل سنم وحقلي الرميلة الشمالي والجنوبي) (Saleh and Meqwar, 1995) اشارت الى ان تراكيز الراديوم تراوحت بين $62-275 \text{Bq.Kg}^{-1}$ وان الفرق بين هذه القيم والقيم التي حصلنا عليها قد يعود الى الفترة الطويلة التي مضت على الحرب والعوامل البيئية من امطار وغيار متراكم على هذه الدبابات والمعدات قد ادى الى انخفاض تراكيز الراديوم في هذه العينات.

اما فيما يخص مناطق اخرى خارج العراق فقد اجريت دراسة من قبل (Azam *et al.*, 1995) في منطقة شمال الهند شملت انواع من مواد البناء المستخدمة في البيوت والمنازل لقياس تراكيز الراديوم فيها، وقد وجد ان تراكيز الراديوم تراوحت بين $0.289-3.138 \text{Bq.Kg}^{-1}$ ومن ملاحظة النتائج التي حصلنا عليها في بحثنا نجد ان تراكيز

الجدول (5-2) يوضح الفاعلية الإشعاعية لغاز الرادون ومحتوى الراديوم الفعال وعدد درات اليورانيوم وزنه وتركيزه في العينات

تركيز اليورانيوم في العينات $C_U (ppm)$	وزن اليورانيوم في العينات $W_U (gm) \times 10^{-6}$	عدد درات اليورانيوم في العينات $N_U \times 10^{17}$	محتوى الراديوم الفعال $C_{Ra} (Bq.Kg^{-1})$	الفاعلية الإشعاعية للرادون (Bq)	رمز العينة
17.49 ± 0.25	87.541	2.212	21.928	1.084	A
11.18 ± 0.20	55.902	1.414	14.014	0.693	B
13.28 ± 0.21	66.418	1.680	16.658	0.823	C
8.170 ± 0.17	40.839	1.033	10.437	0.516	D
13.15 ± 0.21	65.746	1.663	16.479	0.815	E
12.39 ± 0.21	61.951	1.567	15.541	0.768	F
10.09 ± 0.19	50.446	1.276	12.652	0.625	G
11.39 ± 0.20	56.930	1.440	14.358	0.710	H
11.07 ± 0.20	55.348	1.400	14.023	0.695	I
13.52 ± 0.22	67.604	1.710	16.993	0.840	J
11.46 ± 0.19	57.286	1.449	13.844	0.685	K
14.48 ± 0.22	72.388	1.831	18.132	0.897	L
10.44 ± 0.19	52.186	1.320	13.085	0.647	M
13.96 ± 0.22	69.779	1.765	17.506	0.865	N
14.85 ± 0.23	74.246	1.878	18.600	0.920	O
15.05 ± 0.23	75.274	1.904	18.868	0.933	P
18.64 ± 0.25	93.183	2.357	23.379	1.155	Q
18.49 ± 0.25	92.472	2.339	23.200	1.146	R
15.32 ± 0.23	76.579	1.937	19.203	0.949	S
14.91 ± 0.23	74.562	1.886	18.690	0.924	T
13.75 ± 0.22	68.751	1.739	17.234	0.852	U
12.00 ± 0.20	60.013	1.518	15.050	0.744	V
19.17 ± 0.26	95.832	2.424	24.027	1.188	W
18.91 ± 0.25	94.567	2.392	23.714	1.172	X
17.35 ± 0.24	86.739	2.194	21.749	1.075	Y
0.775 ± 0.05	3.8740	0.098	0.9690	0.048	Z

الراديوم قد ارتفعت بمعدل عشر مرات تقريبا في المنطقة الجنوبية من العراق بسبب استخدام قذائف اليورانيوم المنصب في حرب الخليج الثانية سنة 1991.

ومن الجدير باللحظة ان تركيز اليورانيوم تراوح بين $8.17 \pm 0.17 ppm$ و $19.17 \pm 0.26 ppm$. اما معدل تركيز اليورانيوم لمنطقة حقل الرميلة الشمالي فكان $12.654 \pm 0.2 ppm$ ولمنطقة مفرق طريق صفوان-ام قصر كان $11.692 \pm 0.2 ppm$ ولمنطقتي كديره العظمى ومطار الشامية كان $13.038 \pm 0.21 ppm$ ولمنطقة كديره العظمى ومحطة خورناج كان $16.482 \pm 0.23 ppm$ وفي منطقة محطة خورناج كان $16.236 \pm 0.23 ppm$. كما يبين الجدول ان تركيز اليورانيوم الذي يعود إلى الخلفية الإشعاعية في المختبر مساويا إلى $0.775 \pm 0.052 ppm$ علما ان الخلفية الإشعاعية لأتربة من مقاطع السمنت في بادوش وسنجار في مدينة الموصل تراوحت بين (0.2-1.2) ppm .

اما التقنية الثانية التي استخدمت فهي تقنية تحليل اطيف اشعة كاما المتبعة من العينات باستخدام كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة ومحل الاطيف متعدد الفتوت. إن الطريقة التي اعتمدت في تحديد تركيز اليورانيوم ^{238}U في العينات استندت على مقارنة اطيف اشعة كاما المتبعة من العينات مع طيف العينة القياسية معلومة التركيز ppm 65 . ومن الجدير بالذكر ان دروة اليورانيوم الناتجة عن جميع العينات عند الطاق keV 1765 كانت مطابقة بالموضع (اي بالطاقة) للدروة الناتجة عن العينة القياسية. ومن خلال حساب المساحة تحت الدروة لليورانيوم ^{238}U العينة القياسية وجد انها تساوي 637 و 380 للتوريوم ^{232}Th عند الطاقة keV 2615.

الجدول (3-5) يوضح مساحة دروة اليورانيوم ^{238}U والتوريوم ^{232}Th للعينات كما ويبين تركيز اليورانيوم فيها ونسبة اليورانيوم إلى التوريوم علما ان المساحة تحت الدروة لليورانيوم تتناسب مع تركيزه في العينات. ففي العينة D كان تركيز اليورانيوم ppm 9.74 ± 1.41 وهو اقل قيمة وكانت المساحة تحت الدروة للعينة نفسها 48 . اما العينة W فكان تركيز اليورانيوم فيها $20 \pm 2.02 ppm$ وهو اعلى قيمة وكانت المساحة تحت الدروة للعينة نفسها 98. ومن الجدير بالذكر ان نسبة اليورانيوم إلى التوريوم في الطبيعة بحدود $(U^{238}/Th^{232}) = 0.52$ بينما نلاحظ من الجدول ان هذه النسبة قد اظهرت زيادة لكل العينات تراوحت بين (0.67-1.25) وهو اعلى من النسبة الطبيعية مما يدل على ان هناك إخلال بنسبة (Th^{232}/U^{238}) الطبيعية مما يشير إلى ان قذائف اليورانيوم المنصب قد استخدمت في قصف المعدات والاهداف العسكرية في حرب الخليج الثانية سنة 1991، وقد اكدت الفحوصات الميدانية التي شملت مناطق منتخبة من جنوب العراق

الجدول (3-5) يوضح المساحة تحت الدروة لليورانيوم ^{238}U والتوريوم ^{232}Th وتركيز اليورانيوم في العينات ونسبة اليورانيوم إلى التوريوم

$\text{U}^{238}/\text{Th}^{232}$	تركيز اليورانيوم $C_U (ppm)$	المساحة تحت الدروة لتوريوم Th^{232}	المساحة تحت الدروة لليورانيوم U^{238}	رمز العينة
1.14	18.97 ± 1.96	81	93	A
0.88	12.04 ± 1.56	67	59	B
0.80	14.64 ± 1.72	90	72	C
0.67	9.790 ± 1.41	71	48	D
0.85	14.28 ± 1.70	82	70	E
0.83	13.67 ± 1.67	80	67	F
0.95	11.83 ± 1.55	61	58	G
1.26	12.85 ± 1.61	50	63	H
1.05	12.65 ± 1.60	59	62	I
1.18	14.28 ± 1.70	59	70	J
1.03	12.24 ± 1.58	58	60	K
0.89	15.30 ± 1.76	84	75	L
0.83	11.63 ± 1.54	68	57	M
1.24	14.48 ± 1.71	57	71	N
1.05	15.51 ± 1.77	72	76	O
0.88	16.12 ± 1.81	89	79	P
1.22	19.79 ± 2.00	79	97	Q
1.46	19.38 ± 1.98	65	95	R
1.43	16.12 ± 1.81	55	79	S
0.98	15.90 ± 1.80	79	78	T
1.00	14.48 ± 1.71	71	71	U
1.15	12.44 ± 1.59	53	61	V
1.25	20.00 ± 2.02	78	98	W
1.20	19.38 ± 1.98	79	95	X
1.41	18.16 ± 1.92	63	89	Y
0.52	1.020 ± 0.32	19	10	Z

الجدول (4-5) يوضح مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها لكلا التفقيتين

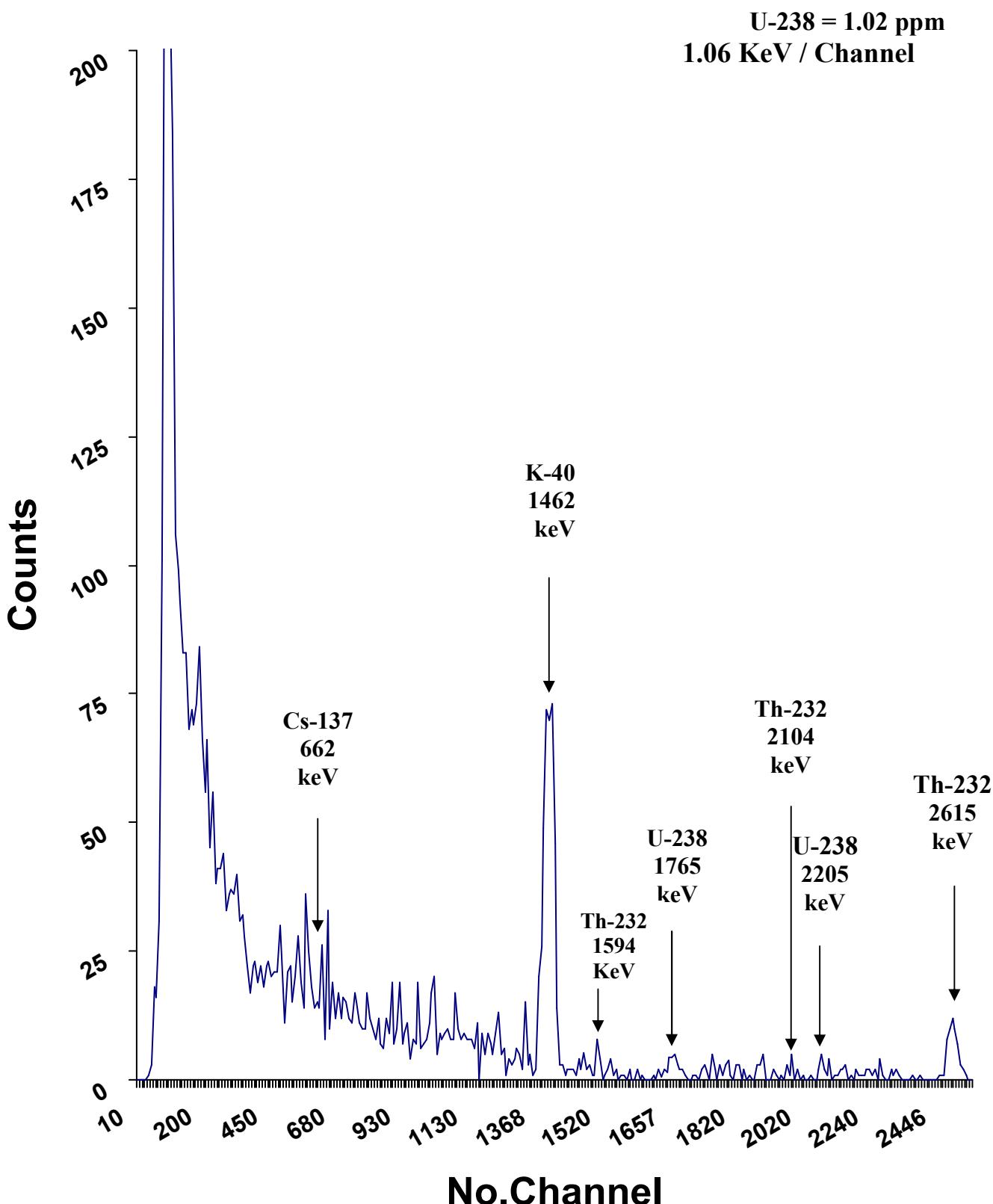
C_U (ppm) تركيز اليورانيوم بتقنيه كاشف HPGe	C_U (ppm) تركيز اليورانيوم بتقنيه كاشف CR-39	رمز العينة
18.97 ± 1.96	17.49 ± 0.25	A
12.04 ± 1.56	11.18 ± 0.20	B
14.64 ± 1.72	13.28 ± 0.21	C
9.790 ± 1.41	8.170 ± 0.17	D
14.28 ± 1.70	13.15 ± 0.21	E
13.67 ± 1.67	12.39 ± 0.21	F
11.83 ± 1.55	10.09 ± 0.19	G
12.85 ± 1.61	11.39 ± 0.20	H
12.65 ± 1.60	11.07 ± 0.20	I
14.28 ± 1.70	13.52 ± 0.22	J
12.24 ± 1.58	11.46 ± 0.19	K
15.30 ± 1.76	14.48 ± 0.22	L
11.63 ± 1.54	10.44 ± 0.19	M
14.48 ± 1.71	13.96 ± 0.22	N
15.51 ± 1.77	14.85 ± 0.23	O
16.12 ± 1.81	15.05 ± 0.23	P
19.79 ± 2.00	18.64 ± 0.25	Q
19.38 ± 1.98	18.49 ± 0.25	R
16.12 ± 1.81	15.32 ± 0.23	S
15.90 ± 1.80	14.91 ± 0.23	T
14.48 ± 1.71	13.75 ± 0.22	U
12.44 ± 1.59	12.00 ± 0.20	V
20.00 ± 2.02	19.17 ± 0.26	W
19.38 ± 1.98	18.91 ± 0.25	X
18.16 ± 1.92	17.35 ± 0.24	Y
1.020 ± 0.32	0.775 ± 0.05	Z

من قبل عدد من الباحثين الاجانب والعربيين وجود زيادة في تراكيز اليورانيوم عن الحد الطبيعي للخلفية الإشعاعية في اتربة تلك المواقع حتى بعد مرور عقد من الزمن على انتهاء الحرب. ومن المتوقع ان تزداد الاوضاع الصحية والبيئية سوءا في العراق نتيجة لاستخدام دخان اليورانيوم المنضب إذ ان عمره النصف يساوي 4.5 مليار سنة وستبقى تأثيراته الضارة لاجيال عديدة متالية.

اما مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها من التقنيتين المستخدمتين فإنها موضحة بالجدول (4-5) والتي تشير إلى أنها متقاربة وان الاختلاف القليل يمكن ان يعزى إلى الاخطاء التي ترافق القياسات التجريبية. وختاما لابد من الإشارة إلى ان تراكيز اليورانيوم وكذلك نسبة اليورانيوم إلى التوريوم قد اختلف بشكل واضح عن القيم والنسب الطبيعية المعروفة والتي تم شرحها في اعلاه.

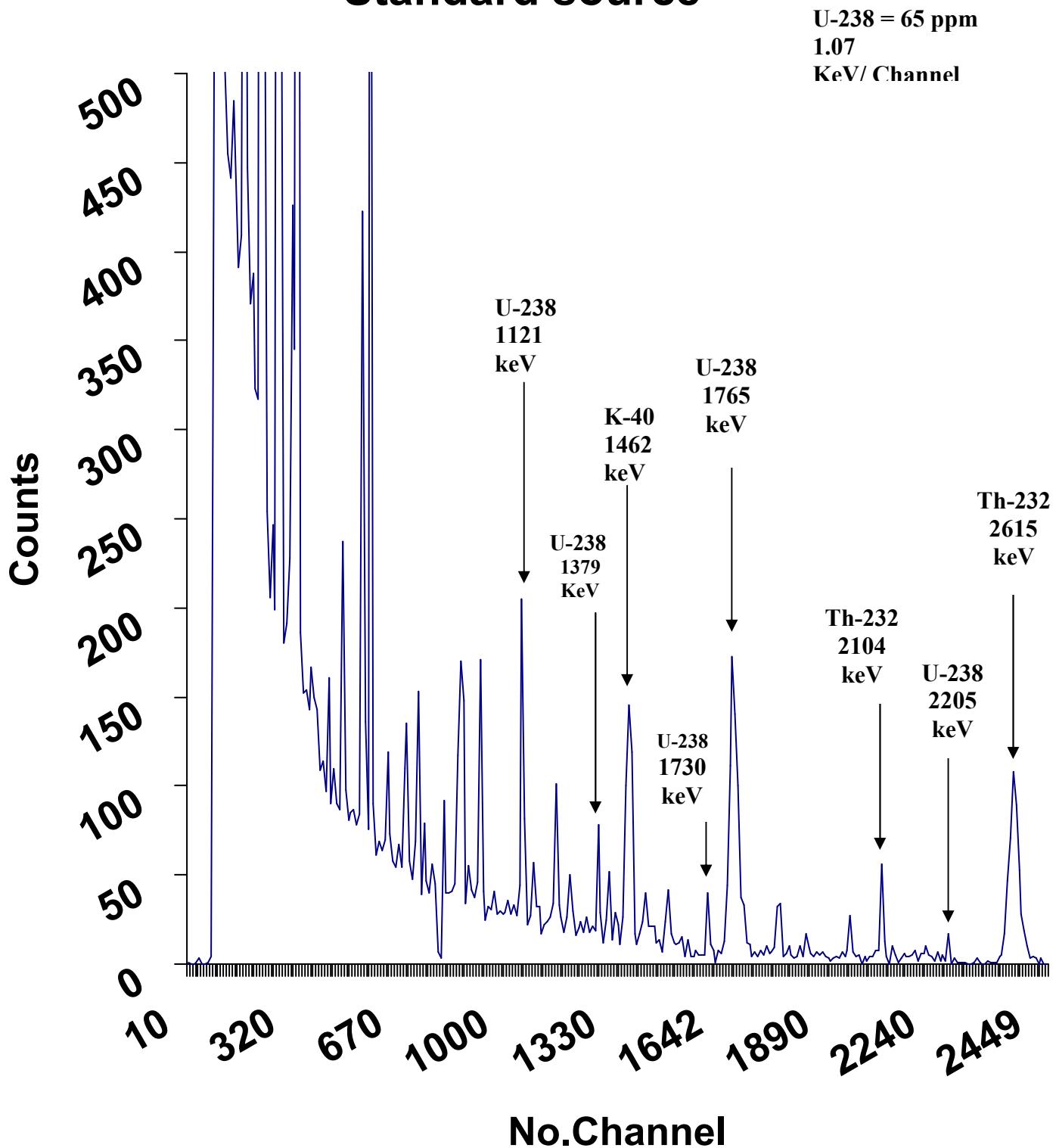
ان طيف العينات التي تم تحليلها موضح في الاشكال التالية، إذ يمثل الشكل (1-5) الطيف العائد للخلفية الإشعاعية داخل المختبر والشكل (2-5) يوضح الطيف الناتج عن العينة القياسية وبين الشكل (3-5) طيف العينة W والتي تحتوي على أعلى تراكيز لليورانيوم U^{238} اما الشكل (4-5) فيوضح طيف العينة Q والشكل (5-5) يوضح طيف العينة S اما الشكل (6-5) فيمثل طيف العينة W مقارن مع طيف الخلفية الإشعاعية. كما وتشير الاشكال المبينة ظهور ذروات عنصري السيزيوم Cs^{137} والبوتاسيوم K^{40} عند الطاقات 662 keV و 1462 keV على التوالي في جميع العينات والتي تعود إلى الخلفية الإشعاعية في المناطق المدروسة.

Back Ground

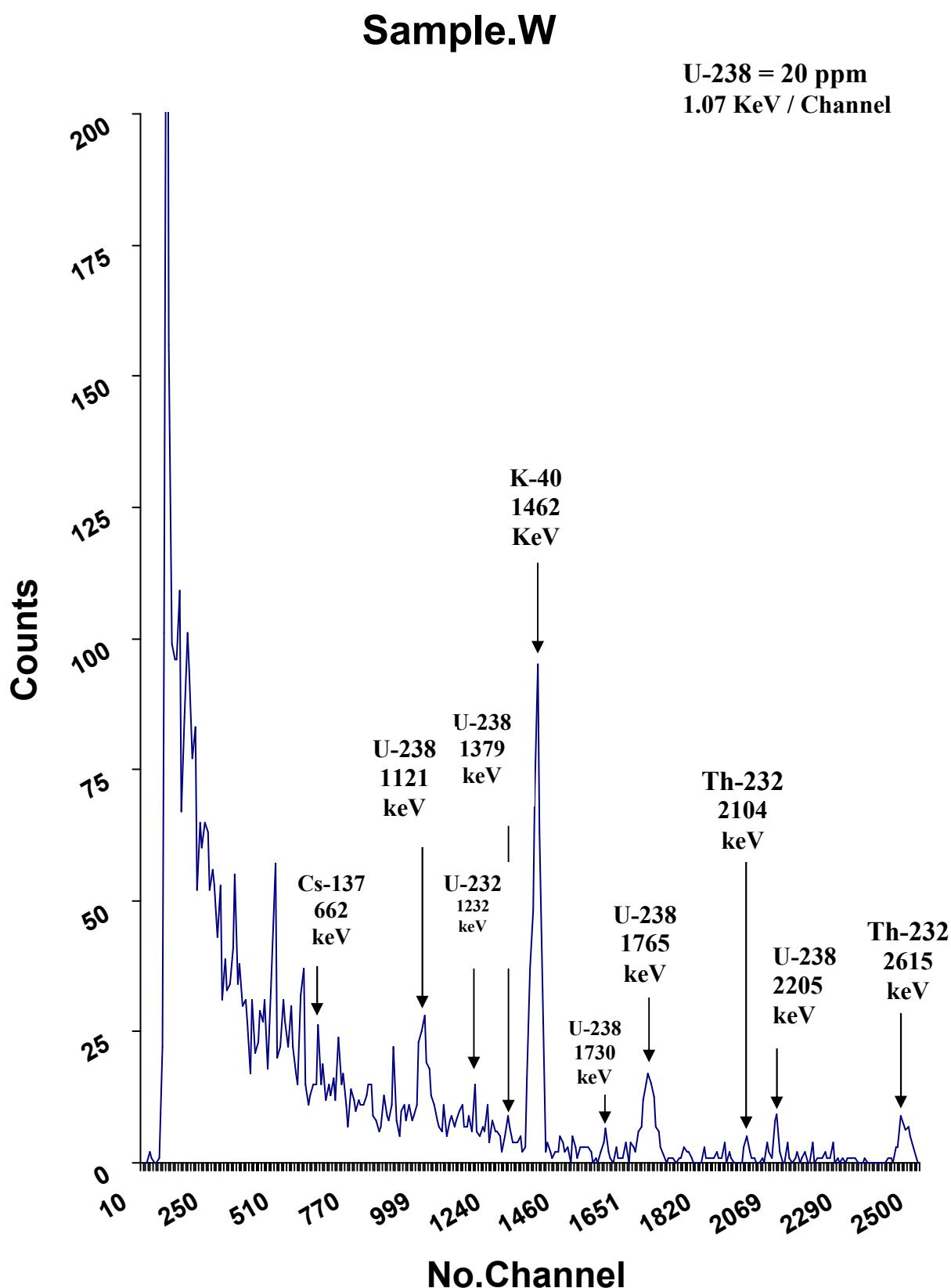


الشكل (1-5) يوضح طيف اشعه كاما العائد للخلفيه الاشعاعيه داخل

Standard source



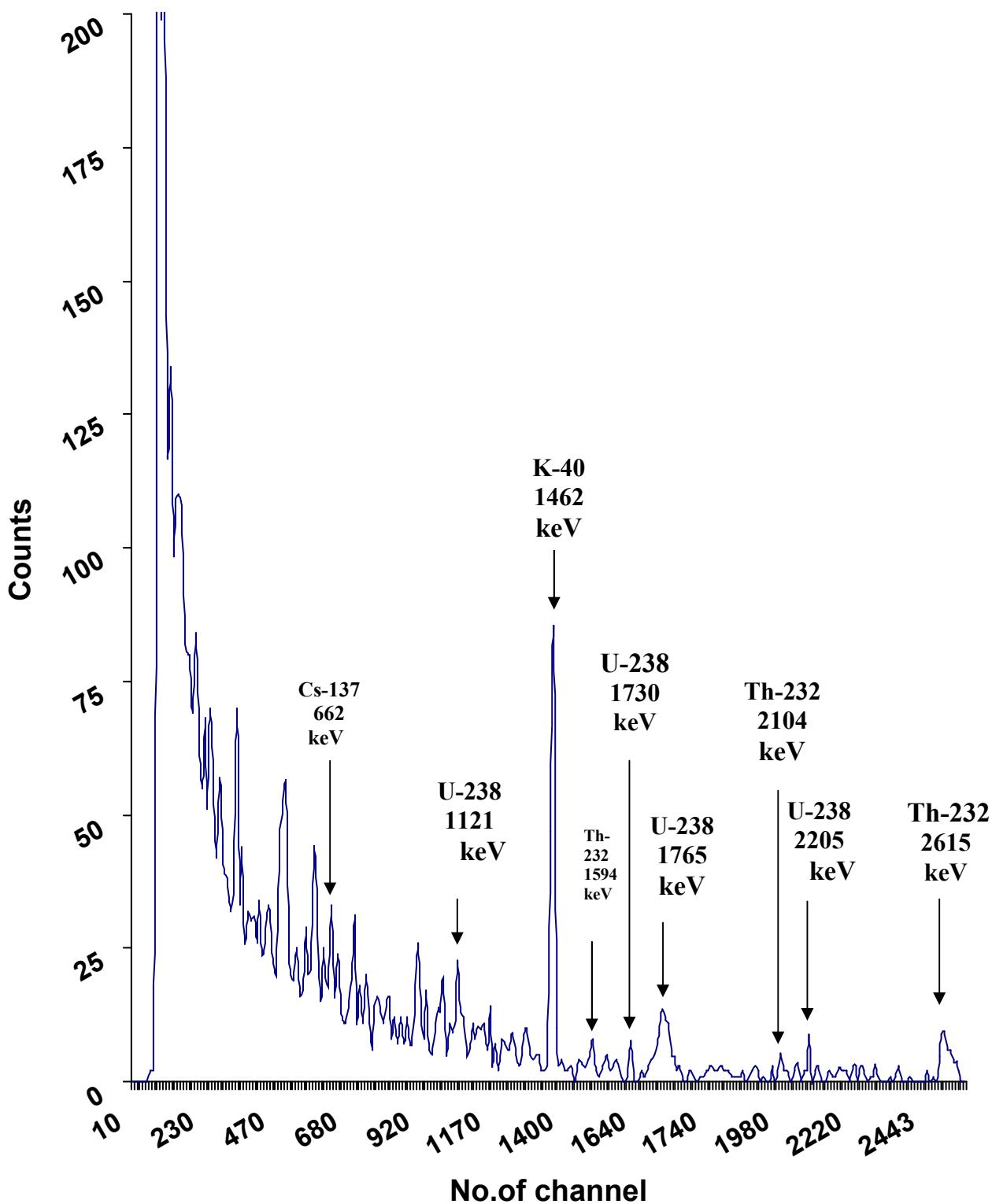
الشكل (2-5) يوضح طيف اشعه كاما الناتج عن العينه الفيسيه



الشكل (3-5) يوضح طيف اشعه كاما العائد للعينه W

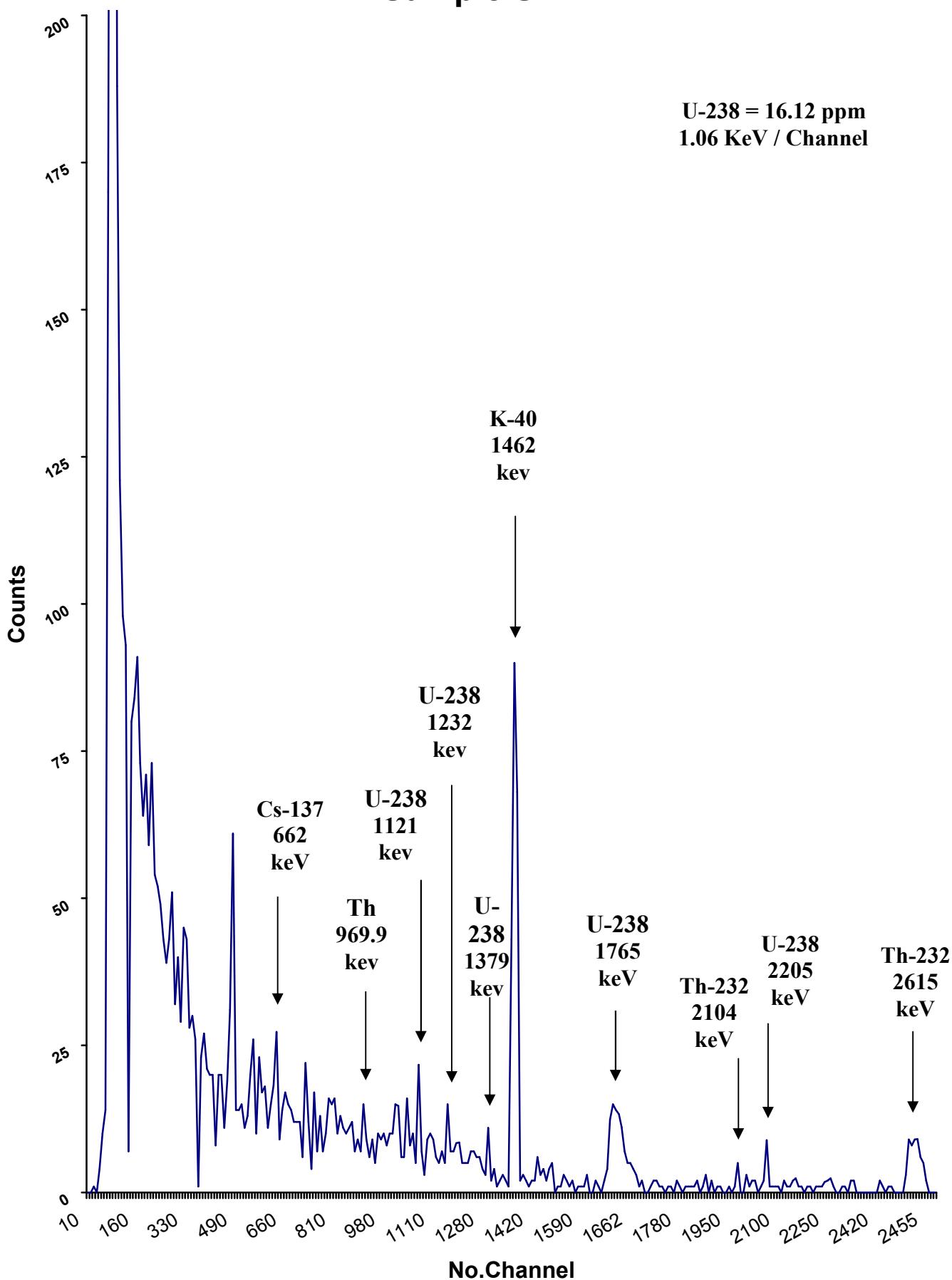
Sample.Q

$U-238 = 19.79 \text{ ppm}$
 $1.06 \text{ keV / Channel}$



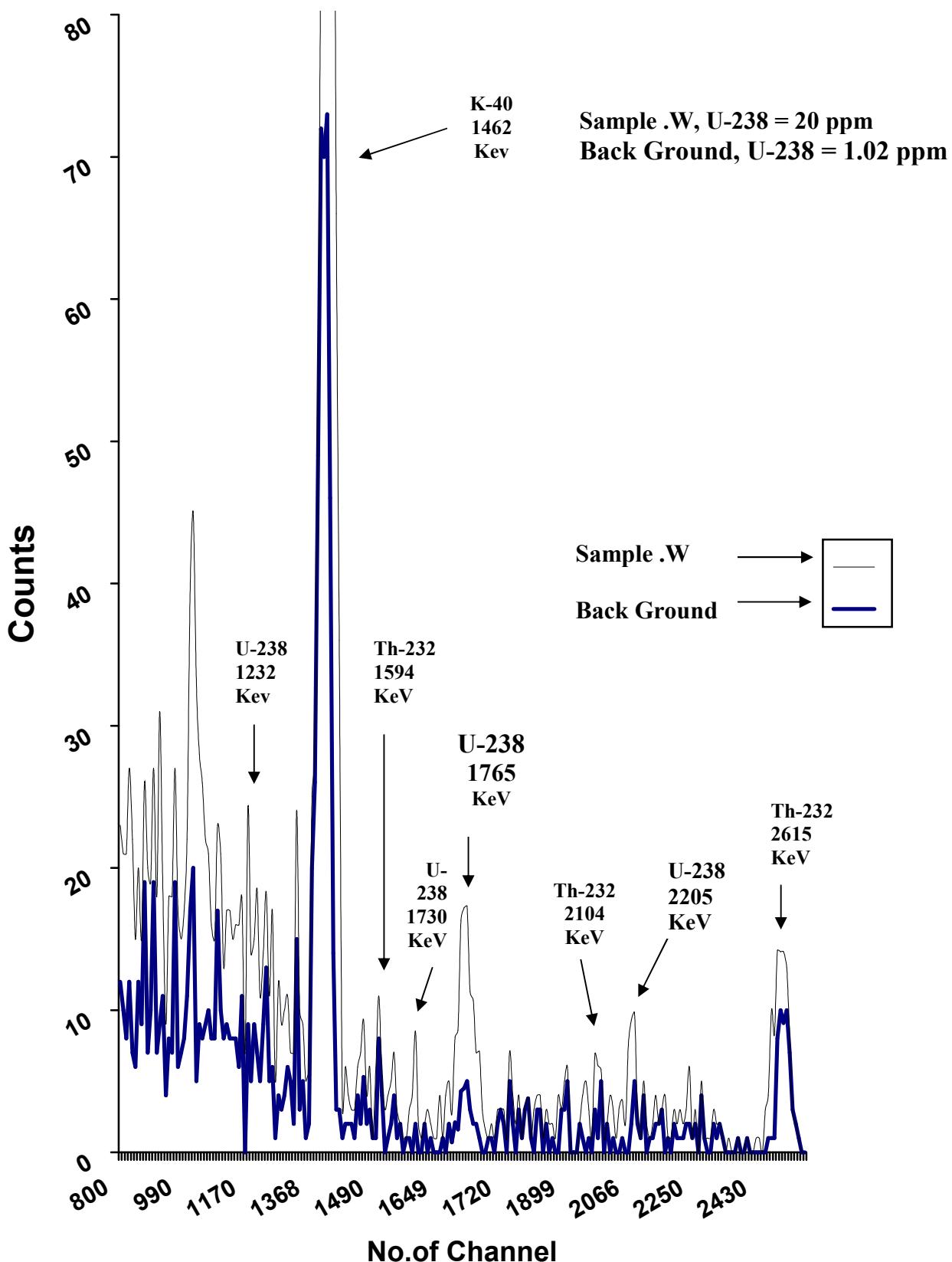
الشكل (4-5) يوضح طيف اشعه كاما العائد للعينه Q

Sample.S



الشكل (5-5) يوضح طيف اشعه كاما العائد لعينه S

Sample.W + Back Ground



الشكل (6-5) يوضح طيف اشعه كاما العينه W مع طيف اشعه كاما للخلفيه الاشعاعيه

الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها في الدراسة الحالية يمكن استنتاج الآتي :

1. ارتفاع تراكيز الرادون الناتج من العينات بمعدل عشر مرات عن الحد الطبيعي البالغ $Bq.m^{-3}$ (200-800) مما ادى الى زيادة الجرعة المكافئة لتصل الى قيمة تتراوح بين mSv / yr (53-123) وهو اعلى من الحد الطبيعي المسموح به البالغ mSv / yr (2-20).
2. ارتفاع تراكيز الراديوم في العينات بمعدل عشر مرات عن الحدود الطبيعية والذي يعزى ذلك استخدام قدافن اليورانيوم المنصب.
3. ان تراكيز اليورانيوم المنصب في العينات قيد الدرس والتي تتراوح من 8ppm إلى 20ppm هي اعلى من الحد الطبيعي للخلفية الاشعاعية (0.2-1.2) ppm باكثر من (20) مرة تقريبا مما يشير إلى ان تلوينا إشعاعيا قد ادخل إلى البيئة العراقية .
4. ان نسبة $^{232}Th / ^{238}U$ في العينات قد اظهرت زيادة عن النسبة الطبيعية داخل المختبر البالغة $0.52 = ^{232}Th / ^{238}U$ مما يشير إلى استخدام قدافن حاوية على اليورانيوم المنصب.
5. ان التقنيتين اللتين استخدمنا في هذه الدراسة والتي اعطت نتائج متقاربة اكذت إمكانية استخدامها في الكشف عن العناصر المشعة حتى ذات التراكيز الضئيلة وفي الدراسات البيئية وبفاءة جيدة .
5. ان تقنية كاشف الجرمانيوم عالي النقاوة تفضل على تقنية كاشف الاتر النووي الصاب CR-39 في القياسات السريعة اما في المناطق التي لا تتوفر فيها الظروف الملائمة كالمناطق النائية والتي لا تتوفر فيها القدرة الكهربائية فان تقنية كاشف الاتر النووي CR-39 تكون مفضلاً.
6. على الرغم من مرور اكتر من عقد من الزمن على حرب الخليج الثانية سنة 1991 فقد تم الكشف في الدراسة الحالية ودراسات سابقة عن وجود نسب غير قليلة من اليورانيوم المنصب مما يؤكد ان التلوث الإشعاعي سوف يستمر لفترة طويلة مرتبطة بالعمر النصفي الطويل للليورانيوم .

المقترحات :

1. بالنظر لاستمرار التلوث الإشعاعي في المناطق التي تراكمت فيه مقابرها ومخلفات المعدات العسكرية التي تعرضت للقصف في سنة 1991 كما جاء في الفقرة (4) من الاستنتاجات نقترح القيام بردم تلك المقابر بعيداً عن المناطق السكنية وبعيداً عن المياه الجوفية .
2. إجراء دراسات دورية بيئية تشمل السكان والمياه الجوفية والنباتات والتربة الحيوانية في المحافظات الجنوبية من العراق .

المصادر العربية:

الاحمد، خالد عبيد (1993)، مقدمة في الفيزياء الصحية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

الجبورى، عبد الوهاب محمد (2001)، حجم وتأثيرات الاسلحة الإشعاعية المستخدمة ضد العراق خلال العدوان الثلاثى، مجلة ام المعارك العدد (25)، السنة السابعة، ص 123-141.

الجبورى، مازن احمد (1999)، تحديد تراكيز الرادون Rn^{222} في انواع مختلفة من الشاي، رسالة ماجستير، كلية العلوم، قسم الفيزياء، جامعة الموصل.

الجزراوى، عصام متى (1999)، تحديد تراكيز الرادون Rn^{222} في انواع مختلفة من التبوغ المحلية والاجنبية، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الجميلي، فراس محمد (1996)، الكشف عن اليورانيوم المنصب في اتربة من مواقع عمليات ام المعارك باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

العبايجي، رنا هشام (2000)، تحديد تراكيز الراديوم Ra^{226} في الاسنان اللبنية وال دائمية باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل.

الكعبي، محمد عبيد (1990)، دراسة خصائص كاشف الاتر النووي CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة البصرة.

المقدادي، كاظم (2003)، الكشف عن اليورانيوم الناضب مهمة إنسانية ائية ملحمة . Email: mukdadi@hotmail.com

النعميمي، سعيد حسن سعيد (1997)، الكشف عن الاشعة النووية الضعيفة في بعض مواد البناء العراقية، مجلة التربية والعلم، العدد (27).

الونداوي، حسين (1999)، الرادون وتاثيره على البيئة والانسان، مجلة الدرة والتنمية، المجلد (9) . العدد 3 . ص 38-41.

سعيد، علي عبد الحسين (1983)، الكيمياء الإشعاعية، مطبعة جامعة البصرة.

عزوز، عاصم عبد الكرييم (1982)، مقدمة في الفيزياء النووية (مترجم)، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل.

عفراوي، هناء نافع (2002)، تحديد تراكيز اليورانيوم في عدد من معاجين الاسنان باستخدام كاشف CR-39، رسالة ماجستير، كلية العلوم ،جامعة الموصل.

عمر، نسيم سالم (1999)، القسط الكهروكيميائي وتاثير شدة المجال الكهربائي المترافق على الاستجابة الطافية لكاشف الاتر النووي البلاستيكي CR-39 لجزيئات الفا، رسالة ماجستير، كلية التربية، جامعة الموصل.

محمد، اكرم عزيز (1993)، كيمياء اللدائن، دار الكتب للطابعة والنشر، جامعة الموصل.

محيميد وسليمان، احمد خلف، وفاء علي (1995)، استخدام كواشف الاتر النووي ذات الحالة الصلبة كمطياف لجزيئات الفا، (بحث)، كلية التربية، قسم الفيزياء، جامعة الموصل.

نجم، عمار عبد الرحمن (1997)، الكواشف الصلبة للاطر النووي واستخداماتها، مجلة الدرة والتنمية، العدد (3)، المجلد (9).

المصادر الأجنبية :

Abu murad K. M., Kullab M. K., Al bataina B. A., Ismail A. M. and Lehlooh A. D., (1994). “*Estimation of Radon Concentrations Inside Houses in Some Jordanian Regions*”. Mu’tah journal for research and studies. Vol. 9. No. 5.

Abu jarad F. and Fremlin J. H., (1979). In 10 th. Int. Conf. on SSNTDs. (1980), Lyon pergammon press p (599-607).

Adams F. and Dams R., (1970). “*Applied Gamma Ray Spectrometry*”. Printed in Great Britain by Biddies Ltd. Guilford, Surrey. Vol. 41.

AL-Azzawi Souad., Ma’aruf Baha., Abdul-Rahman M., AL-Saji M., Rashed W. and Meqwar A. j., (1999). “*Environmental Pollution Resulting from the Use of Depleted Uranium Weaponry Against Iraq During 1991*”. Search.

AL-Bataina B. A., Ismail A. M., Kullab M. K, Abumurad K. M. and Mustafa H., (1997). “*Radon Measurements in Different Types of Natural Waters in Jordan*”. Radiat. Meas. Vol. 28, No. 1-6, pp (591-594).

Anagnostakis M. J., Hinis E. P., Karangelos D. J., Peteropoulos N. P., Rouni P. K., Simopoulos S. E. and Zunic Z. S., (2001). “*Determination of Depleted Uranium in Environmental Samples by Gamma Spectroscopic Techniques*”. Archive of Oncology; 9(4): 231-6 Greece.

- Azam, A., Naqvi A. H. and Srivastava D. S., (1995). "Radium Concentration and Radon Exhalation Measurements Using LR-115 Type II Plastic Track Detectors". Nucl. Geophys. Vol. 9, No. 6 pp (653-657).
- Barillon R., Klein D., Chambaudet A. and Devillarade C., (1993). "Comparison of Effectiveness of three Radon Detectors (LR-115, CR-39 & Silicon Diode Pin) placed in Cylindrical Device - Theory and Experimental Techniques". Nucl. Track. Radiat. Meas. 22, 1-4, pp. (281-282).
- Barillon R., Klein D., Chambaudet A., Membrey F. and Fromm M., (1991). "Additional uses of polymeric Nuclear Track Detectors (CR-39 and LR-115) for Measuring Radon Emanation". Nucl. Tracks Radiat., Vol. 19, No. 5, 1-4. pp (291-295).
- Barioni A., Manso Guevara M. V. and Arruda-Neto J. D. T., (2001). "The Concentration of Uranium in Sao Paulo Citizens' Diet; Results". Institute of Fisica. Universidade de Sao Paulo.
- Bertolini G. and Coche A. E., (1968) "Semiconductor Detectors". Elsevier North Holand, Amsterdam.
- Bikit I. S., Slivika J. M., Kramar M. D., Veskovic M. J., Conkic L. U., Varga E. Z., Curcic S. M. and Mrda D. S., (2001). "Determination of Depleted Uranium at the Novi Sad Low-Level Laboratory". Archive of Oncology; 9(4): 241-3. University of Novi Sad, Yugoslavia.

Busby C., (2001). “*Hot News from Iraq*”. LLRC Journal Radioactive Times. Vol.4 No.2.

CANBERRA, Canberra Laboratory for Nuclear Sciences, (1978). By Canberra Industries, Inc. Meriden, Ct. Printed in USA.

Cartwright B. G. and Shirk E. K., (1978). “*A nuclear Track Recording Polymer of Unique Sensitivity and Resolution*”. Nucl. Inst and Meth. 153:pp (457-460).

Chakaravati S. K. and Nand Lal Nagpaull K. K., (1979). Proc. 10 th. Int. Conf. (1980) Pergamon press p (701-715).

CHR, Commission on Human Rights. (2000, July, 31). “*Environmental Pollution Resulting from the Use of Depleted Uranium Missiles During the Aggression Against Iraq*”. Genoa, Switzerland.

CMHCHC, Canada Mortgage and housing Corporation and Health Canada (1997). “*Radon : A guide for Canadian Home Owners*”. Canada.

Durante M., Grossi G. F., Pugliese M. and Galianella G., (1996) . “*Nuclear Track Detectors in Cellular Radiation Biology*”. Rad. Meas., 26 (2): pp (179 – 186)

Durante M., Grossi G. F., Pugliese M., Manti L., Nappo M. and Galianella G. (1994). “*Single Charged Particle Damage to Living Cells : A new Method Based on Track Etched Detectors*”. Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Research B 94:pp(251-258).

Durrani S. A. and Bull R. K., (1987). “*Solid State Nuclear Track Detection*”. Pergamon Press. Oxford.

Ewan G. T., (1968). “*Semiconductor Spectrometers*”. Progress in Nuclear Techniques and Instrumentation, Vol. 3, F.J.M. Farley, Ed., Elsevier North Holland, New York.

Fahey Dan., (2000). “*Gulf War Veterans, The U.S Government and Depleted Uranium*”. National Gulf War Resource Center, the Military Toxics Project. March 30, 2000.

Falk R., Mellander H., Nyblom L. and Ostergren I., (2001). “*Individual Radon Exposure History Measured by an Alpha Track Detector Technique*”. Swedish Radiation Protection Institute (SSI), S-17116 Stockholm.

Fleicher R. L. and Morgen – Campero, (1978). “*Mapping of Integral Radon Emanation for Detection of Long – Distance Migration of Gasses within the Earth*”. Techniques and principles, 83, B7, pp.839.

Fleicher R. L., Price P. B. and Walker R. M., (1965). ANN. Rev. Nucl. Sci. 15.

Fleischer R. L., Price P. B. and Walker R. M., (1975). “*Nuclear Tracks in Solids Principles and Application* ”. University of California Press .

- Fleischer R. L., Price P. B. and Walker R. M., (1965). “*Ion Explosion Spike Mechanism for Formation of Charged – Particle Tracks in Solids*”. J. Appl. Phys, 36 (11): 3645-52 Nov.
- Flesch F., Lancu G., Heinrich W. and Yasuda H., (2001). “*Projectile Fragmentation of Silicon Ions at (490) MeV*”. Proceeding of ICRC.
- Gavshin V. M. and Miroshnichenko L. V., (2000). “*Uranium Concentration in Altered Brown Coals Located Under Burnt Rocks from the Kansk-Achinsk Basin, West Siberia*”. The Journal of Geostandards and Geoanalysis., Vol. 24. No. 2. pp (241-246), Russia. Email: vmg@uiggm.usc.ru.
- Geraldo L. P. and Tanak E. M., (1979). In 10 th. Int. Conf. on SSNTDs. (1980), Lyon pergammon press pp (695-700).
- Henshaw D. L. and Allen J. E., (1994). “*Health Effect of Eternally Deposited Radiation Nuclides*”. University of Bristol, UK.
- Jonsson G., (1991).“ *Solid State Nuclear Track Detectors in Radon Measurements in Doors and in The Soil*”. Nucl. Track. Radiat. Meas. Vol. 19. No_S. 1-4, pp (335-338).
- Khan H. A. and Qureshi I. E., (1996). “*Role of SSNTD's in Nuclear Physics Research Proceeding of the Pakistan Academy of Science*”. 33 (1-2): pp (19-28).

Khan A., Sharmak K. C., Versheney A. K., Parasad R. and Tyagi R. K., (1988). “*Radon Estimation in Some India Tobacco, Tea, Tooth powder Using CR-39 Nuclear Track Detector*”. Radiat. Environ. Biophys., 27, 99.pp(233-237).

Khan H. A., Akber R. A., Ahmed I. and Nedeem K. H., (1980). “*Field Experience about the Use of Alpha Sensitive Plastic Films for Uranium Exploration*”. Nucl. Inst. and Meth., 137, pp(191-196).

Knoll G. E., (1979). “*Radiation Detection and Measurement*”. John Wiley and Sons. Inc.

Liolios T. E., (1996). “*Assessing the Risk from the Depleted, Uranium Weapons Used in Operation Allied Force*”. Dept. of theoretical phys., Univ. of Thessaloniki, Thessaloniki 54006 Greece. Email: theoliol@physicscs.anth.gr

Lopez Damacio., (2000, October, 20). “*The Use of Radioactive Material Depleted Uranium U²³⁸ (DU) As a Military Weapon*”. International Depleted Uranium Study Team (IDUST). 218 Del Banco, Bernalillo, New Mexico, 87004 USA Email: IDUST@swcp.com

Mann W. B., Ayres R. L. and Garfinkel S. B., (1980). “*Radioactivity and its Measurement*”. 2nd. Ed. Pergamon International Library.

Nickolaev V. A. and Ilic R., (1999). “*Etched Track Radiometers in Radon Measurements a Review*”. Pergamon Press on Radiat. Meas. 30, 1-13.

Papastefanon C., Manolopoulou M. and Jaonnidon A., (1995). “*Radon Flux Measurements Along Active Faults*”. Nucl. Geophys. 9(5): pp(481-486).

Planinic J., Radolic V. and Culo D., (2000). “*Searching for an Earth Quake Precursor: Temporal Variations of Radon in Soil and Water*”. ISSN 1330 . 0008 CODENFIZA E4 , University of Osijek, Croatia.

Price P. B. and Walker R. M., (1962). “*Chemical Etching of Charged Particle Track in Solid* ” Appl. Phys.33 (12) : 3407 – 3412 .

Sadowska B. J. and Sadwski M., (2000) . “*Low Energy Ion Measurements by means of CR-39 Nuclear Track Detectors*”. Conf. On Nuclear Tracks in Solids . Dept. of Plasma Phys. & Technology. Soltan Inst. For Nucl. Studies, 05 – 400 Otwock – Oewierk, Poland.

Saleh M. M. and Meqwar J. A., (1995). “*The Effects of Depleted Uranium Used by The Allied Forces on Men and The Biosphere in Selected Regions of the Southern Area of Iraq*”. Interview Conducted in Baghdad, Iraq.

Siegbahn Kai., (1965). “*Alpha, Beta and Gamma – Ray Spectroscopy*”. Printed and Round in Great Britain by W and Mackay limited, Chatham, Vol. 1.

Silk E. C. H. and Barnes R. S., (1959). “*Examination of Fission Fragment Tracks With an Electron Microscope*” Phill. Mag 4 : 970 - 971.

Sims Herman., (1998). “*Radon*”. Extension Service, West Virginia University, Agricultural Engineering.

Sinch S. and Vrk H.S., (1987). Indian Journal of Pure and Applied Physics. Vol. 25. pp (127-129).

Szydlowski A., Sasowki M., Czyzewski T., Jaskola M. and Korman A., (1999). “*Comparison of Response of CR-39, PM-355 and PM-600 Track Detectors to Low Energy Nitrogen and Helium Ions*”. Nucl . Inst. and Meth. In Physics Research B 149: pp(113 – 118).

Tell I., Bensryd I. and Rylander., (1994). “*Geochemistry and Ground Permeability as Determinates of in Door Radon Concentrations in Southern Most Sweden*” Appl. Geochemistry, Vol. 9. pp(647-655).

Tsuruta T., (2002). “*Research and Development of Solid State Track Detectors for External Dosimetry in Japan*”. Atomic Energy Research Institute. Japan; p.3b-160.

UIC, Uranium Information Center Ltd. (2002, January). “*What is uranium? How does it work?*”. Melbourne 3001, Australia, Email: Uic@mpx.com.au.

UIC, Uranium Information Center Ltd. (2002, June). “*Uranium and Depleted Uranium*”. Nuclear Issues briefing paper # 53, Melbourne 3001, Australia. E.mail: Uic@mpx.com.au.

Virk H. S. and Srivastava A., (2000). “*Modification of Optical, Chemical and Structural Response of CR-39 Polymer by (50) MeV Lithium Ion Irradiation*”. Conf. on Phys. Curu Nanak Der University Amristar 143005, India.

WHO, World Health Organization. (2001, April). “*Depleted Uranium*”. Fact Sheet N⁰ (257) <http://www.who.int/environmental-information/radiation/depleted-uranium.htm>. E.mail: inf@who.int.

Wise Uranium Project. (2002, May, 26). “*Uranium Radiation Properties*”. Vienna.

Yadov J. S., Singh V. P., Gomber K. L. and Sharma A. P., (1980). “*Environmental Effect on Fission Fragment Tracks in SSNTD's*”. Lyon, and Suppl. 2, Nucl. Tracks (eds. H. Franceois), Pergamon, Oxford 199.

ABSTRACT

Twenty five samples distributed over five locations on the south part of Iraq near the unarmed zone between Iraq and Kuwait reaching Saudi Arabia have been studied. The investigated locations includes North field of Rumela, Safwan Um-Kasir crossing, Kdera Al-Uthma, Al-Shamyia airport, the region between Kdera Al-Uthma and Khornaj-station and Kornaj-station region. The aim of this study was the determination of depleted uranium (DU) concentrations in the samples which consist of a mixture of tanks and military equipments remains part of depleted uranium missiles and accumulated soils on the military equipments and around it.

The CR-39 and the HPGe techniques have been used . The obtained results reveal the existence of an increment in the concentrations of the DU ranged between (8.36-20) ppm over the natural concentration limit (0.2-1.2) ppm.

This can be attributed to the use of missiles contain (DU) penetrating projectiles. The measurements by the two techniques reveal also that their results were in good agreement which indicates the possibility of using these techniques in the detection of radioactive trace elements.

**Determination of Depleted Uranium
Concentration In the Remains of Military
Equipment's in a Specified Locations from the
south of Iraq by using CR-39 & HPGe Detectors**

**A Thesis Submitted
By**

Amer Hassan Ali Al-Jubori

**To
The council of the College of Science
In University of Mosul**

**In Partial Fulfillment for the Requirements
Of the degree Of Master of Science**

**In
Physics**

Supervised by

Dr. Munieb Adel Khalil Ibrahim

Assistant Prof.

2003 A.D

1424 A.H
